

A. Gurbanmuhammedow

# FIZIKANY ÖWRETMEGIN NAZARYÝETI WE USULYÝETI

Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw kitaby

*Türkmenistanyň Bilim ministrligi  
tarapyndan hödürlenildi*

Türkmen döwlet neşirýat gullugy  
Aşgabat – 2012

UOK 53 : 378

G 77

**Gurbanmuhammedow A.**

**G 77 Fizikany öwretmegiň nazaryýeti we usulyýeti.** Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw kitaby. – A.: Türkmen döwlet neşirýat gullugy, 2012.

Kitap ýokary mekdepleriň mugallymçylyk hünärinde okaýan talyplar üçin niýetlenen. Onda fizikany öwretmegiň umumy we hususy meselelerine seredilýär. Kitapda ulanylan wektor ululyklar has gara edilip belenen.

Kitap Türkmenistanyň ýokary mekdeplerinde fizika, radiofizika we elektronika hünärlerinde okaýan, geljekde mugallym boljak talyplara, mekdep mugallymlaryna niýetlenen.

TDKP № 283, 2012

KBK 22.3 ýa 73

© A. Gurbanmuhammedow, 2012.



**TÜRKMENISTANYŇ PREZIDENTI  
GURBANGULY BERDIMUHAMEDOW**





**TÜRKMENISTANYŇ DÖWLET TUGRASY**



**TÜRKMENISTANYŇ DÖWLET BAÝDAGY**

## TÜRKMENISTANYŇ DÖWLET SENASY

Janym gurban saňa, erkana ýurdum,  
Mert pederleň ruhy bardyr köňülde.  
Bitarap, garaşsyz topragyň nurdur,  
Baýdagyň belentdir dünýäň önünde.

*Gaýtalama:*

Halkyň guran Baky beýik binasy,  
Berkarar döwletim, jigerim janym  
Başlaryň täji sen, diller senasy,  
Dünýä dursun, sen dur, Türkmenistanym!

Gardaşdyr tireler, amandyr iller,  
Owal-ahyr birdir biziň ganymyz.  
Harasatlar almaz, syndyrmaz siller,  
Nesiller döş gerip gorar şanymyz.

*Gaýtalama:*

Halkyň guran Baky beýik binasy,  
Berkarar döwletim, jigerim janym  
Başlaryň täji sen, diller senasy,  
Dünýä dursun, sen dur, Türkmenistanym!

## GIRIŞ

Türkmenistanyň Prezidenti Hormatly Gurbanguly Berdimuhamedowyň taýsyz tagallasy bilen türkmen halkynyň Galkynyşlar we täze özgertmeler zamanasy üstünlikli jemlenip, Berkarar döwletimiziň bagtyýarlyk döwri başlandy. Dünýä standartyna laýyk gelýän, elektronikanyň iň soňky gazananlaryna esaslanan elektron gurluşly orta we ýokary mekdepler guruldy we işe girizildi. Täze görnüşli mekdepleriň hemmesiniň fizika otaglary awtomatlaşdyrylan, elektron, wideo, audio, kompýuter, interaktiw tagta we multimedia abzallary bilen üpjün edildi. Agzalan mekdepleriň ders mugallymlarynyň bu tehnikalar bilen iş salşyp bilmekleri zerurdyr. Şol sebäpden hem hemme okuw dersleri bilen bir hatarda fizika okuw dersini öwretmegiň usulyýetine-de täze, döwrebap özgertmeler girizmek talap edilýär.

Biziň hemmämiz öz wagtynda orta mekdep bilen, onda geçirilýän sapaklary diňleýji dolup tanşypdyk. Bu alnan maglumatlar öwretmegiň nazaryýetine düşünmek, ony iş ýüzünde peýdalanmak üçin düýpden ýeterlik däl. Sebäbi biz öň mekdepde bilim öwretmek bilen däl-de, ony okuwçy hökmünde öwrenmegiň käbir usulyýetinden (metodikasyndan) peýdalanyp görüpdik.

Umuman, okatmak we öwretmek dürli zatlardyr. Okatmakda diňe öwredijiniň borçlary we her bir okuw dersine mahsus bolan öwrediş usullary ulanylýar. Ýagny bu prosesde öwrenijiniň roly ýokdur. Diýmek, biz okuwçy hökmünde öwretmek prosesiniň diňe esasy bolmadyk bir tarapy bilen tanşypdyrys. Emma, öwretmek prosesinde mugallymyň we okuwçynyň döredijilikli, çylşyrymly zähmeti hasaba alynýar. Bu sebäbe görä, XXI asyrdaky agzalan ugur boýunça çap edilen edebiyatlarda okatmak däl-de, öwretmek nazaryýeti berilýär.

Öwretmek iki sany *umumy* we *hususy* usulyýetden ybarat. Umumy usulyýet dürli okuw dersleri üçin, takmyn deňdir. Öwretmegiň hususy usulyýeti bolsa, aýry-aýry okuw dersleri üçin dürlüdür. Her bir okuw dersiniň özüne mahsus bolan barlag we öwretmek serişdeleri degişlidir. Şonuň üçin hem hususy usulyýet barada gürrüň edilende fizikany, matematikany, himiýany we ş.m. aýry-aýry okuw dersleriniň haýsysyny öwretmegiň usulyýeti barada aýdylýandygyny anyklamaly.



## ÖWRETMEĞİŇ UMUMY MESELELERI

---

### 1.1. FIZIKANY ÖWRETMEĞİŇ USULÝÝETINIŇ ÖSÜŞI

#### 1.1.1. Fizikany öwretmegiň usulyýetiniň okuw dersi

Öwretmek usulyýeti pedagogika ylmynyň bir şahasy bolup, ol okuw dersini öwretmekde didaktikanyň düzgünleriniň amaly işlerde ulanylmagydyr.

Alymlaryň we mugallymlaryň arasynda fizikany öwretmek meselesi näme, ol ylymy, okuw dersimi, sungatmy ýa-da tehnologiýalar (tilsimatlar) toplumymyka diýip, köp çekeleşmeler boldy. Muňa aýdyň düşünmek üçin başda «ylym» düşünjesini aýdyňlaşdyrallyň.

*Ylym, munuň özi, adamzadyň döredijiliginiň miwesidir. Ol dürli ugurlar boýunça hakykaty ykrar etmekde tejribeleriň, barlaglaryň, çaklamalaryň esasynda adamzadyň sistemalaýyn döreden we nazary tertipleşdiren döredijilikli işidir.* Her bir ylmyň özüniň öwrenijilik çäginde kesgitli meseleler toplумы, barlag usuly we serişdeleri bar. Meselem, fizika ylmy materiýanyň umumy we ýönekeýräk hereketlerini öwrenýär. Himiýa, biologiýa materiýanyň kesgitli çylşyrymly hereketlerini öwrenýär.

Şunlukda, her bir ylym özüniň barlag usulyna, serişdesine, barlaýan obýektine baglylykda fizika, matematika, taryh, edebiýat we ş.m. kesgitli okuw dersleriniň döremegine sebäp boldy.

Okuw dersi özüne degişli ylymdan tapawutlylykda **didaktikanyň** ýönekeýden çylşyrymla ösüp geçýän çemeleşmelerine laýyklykda

okuwçylara öwrediljek ylym hökmünde kesgitlenilen we sistema-laşdyrylan maglumatlar toplumydyr.

*Didaktika sözüne «Uly ensiklopediýa sözlüginde» (grekçe didaktikos – kabul ediji diýen sözden gelip çykan) bilimiň we öwretmekligiň nazaryýetini beýan ediji, pedagogika ylmynyň bir şahasydyr diýlip kesgitleme berilýär. Ol bilimleri, başarnyklary özleşdirmekligiň we täze nukdaý nazarlary döretmekligiň, eýe bolunmaly, ýagny öwretmeli bilimiň mazmunyny we möçberini, usulyny kämilleşdirmegiň ýollaryny öwretmeklige niýetlenendir. Diýmek, didaktika – maglumatlary bir adamdan - öwredijiden beýleki adama – öwrenijä (adamlar – öwrenijiler köpçüligine) geçirmekligiň, öwretmegiň usullarydyr.*

Fizika ylmynyň dersi maddalaryň ýönekeý bölejiklerini, gra-witasiýa, elektromagnit meýdanlaryny, ýönekeý bölejikleriň dürli sredadan geçenindäki özgermelerini, atomy, onuň düzümine girýän bölejikleriň hereketini olara elektrik we magnit meýdanlaryň täsirini we ş.m. häsiýetlerini öwredýär.

**Fizikany öwretmegiň usulyýeti (FÖU) boýunça** ilkinji okuw gollanmasynyň awtory belli rus usulyýetçisi (metodisti) F.N. Şwedow: «*Fizikanyň usulyýeti fizika boýunça maglumatlary ýygnamaklyga we ony tertipleşdirip ýerleşdirmeklige gönükdirilen ylmyň logiki esasynyň badalgasydyr*» diýip kesgitleyär. Ol bu usulyýetiň dersine mekdep fizikasynyň düzümini (strukturasyny) we onuň ylmy esasyny girizýär.

Talyplar üçin hödürlenlen «*Fizikany öwretmegiň usulyýeti*» okuw kitaplarynyň biriniň awtory P.A. Znamenskiý öwretmegiň usulyýeti okuw dersine örän giň düşünje berip, oňa fizikany öwretmegiň serişdelerini hem goşupdyr. Ol «okatmagy we öwretmegi biri-birine barabar hasaplap, fizikany okatmagyň usulyýeti fizikanyň esaslaryny öwretmegiň amalyýeti we nazaryýetidir» diýip ýazypdyr.

W.F. Ýuskewiç bolsa, *fizikany öwretmegiň usulyýeti* hökmünde mekdep fizikasynyň düzümine we mazmunyna, şonuň ýaly hem fizikany öwretmekde okuwçylara bilim we terbiýe bermekligiň kanunalaýyklygyny hasaplaýar.

Aýdylanlardan görnüşi ýaly, her awtor özüçe öwretmegiň usulyýetine dürli kesgitleme berýär. Häzirki wagtda mekdepde okuwçylara diňe bilim we terbiýe bermek bilen çäklenilmän, olaryň aň we

terbiýe babatda kämilleşmegini hem üpjün etmeklik talap edilýär. *Şonuň üçin hem fizikany öwretmegiň usulyýeti hökmünde okuwçylara fizikany öwretmäge, terbiýe bermäge we alnan başarnyklary kämilleşdirmäge ugrukdyrylan nazaryýete we amalyýete düşünilýär.*

Fizikany öwretmegiň usulyýeti okuw dersiniň öz gözleg we ylmy derňew usuly bar. Olara nazary we amaly barlag usullary degişli. Diýmek, fizikany öwretmegiň usulyýeti pedagogika ylmy bolup, onuň nazary we amaly barlag usuly bardyr.

Fizikany öwretmek usulyýeti hem edil beýleki okuw dersleri ýaly, elmydama ösüşdedir. Soňky döwürlerde fizikany okatmak adalgasy-na derek fizikany öwretmek adalgasy ulanylýar. «Fizikany öwretmek usulyýeti» adalgasy has giň we ylmy esasdadyr. Sebäbi okatmaklyk-da diňe mugallymyň döredijilikli işi göz önünde tutulýar. Öwretmek bolsa mugallym bilen okuwçylaryň bilelikdäki ylmy esassa sistema-laýyn toplanan mugallymyň döredijilikli, okuwçylaryň bilesigelijilik-li işleriniň özara berk baglanyşygynyň we täsirliliginiň birleşigidir.

### **1.1.2. Fizikany öwretmegiň usulyýetiniň maksady**

Fizikany öwretmegiň usulyýetiniň maksady fizikany näme üçin öwretmeli, nämäni öwretmeli we nähili öwretmeli diýlen üç sora-ga jogap gözlemekden ybaratdyr. Birinji sowala jogap öwretmegiň maksadyny aýdyňlaşdyrmakdan ybaratdyr. Mälim bolşy ýaly, mek-depde goýlan işiň maksady jemgyýetiň talabyna laýyklykda döwlet tarapyndan kesgitlenilen syýasat esassa düzülýär. Bu bolsa mek-depde okuwçylara nämäni öwretmelidiginiň maksadyny kesgitleýär. Mysal üçin, eger okuwçylarda ylmy dünýägaraýşy kämilleşdirmek maksat edilse, fizika dersiniň mazmunyna dünýägaraýjylyk tema-lary goşulýar. Eger okuwçylarda ylmy-tehniki öňegidişler barada düşüňjeler kämilleşdiriljek bolsa, onda fizikanyň mazmunyna oňa de-gişli temalaryň sanawy goşulýar. Okuwçylara fizika boýunça beril-ýän bilimiň maksadynyň wagtyň geçmegi bilen üýtgeýändigini sebäpli wagtal-wagtal fizikanyň mazmunyna üýtgemeler girizilip durulýar. Mundan başga-da, mekdep fizikasynyň mazmunynyň üýtgemegine

fizikanyň ylym hökmünde ösüşi, maglumat beriji serişdeleriň ösüş derejesi täsir edýärler.

Fizikany nähili **öwretmelidigi** onuň maksadyna görä saýlanylýar. Bu halda öwretmegiň serişdesi, öwretmegiň guramaçylygy oňa laýyk saýlanylmalydyr. Mysal üçin, fizikany öwretmegiň guramaçylygyna okuwçylarda ylmy gözleg tejribe endiklerini döretmek girizilen bolsa, onda dersiniň mazmunyna degişli barlag tejribeleriniň sanawy artdyrylýar. Bu maksat göz önünde tutulanda mekdeplerde fiziki tejribeleri geçirmäge ýardam berýän abzallaryň, serişdeleriň bolmagy zerurdyr. Şeýle maksat bilen, fizikanyň mazmunyna dürli barlag usullary, öwretmegiň tehniki serişdeleri we hususy okuw döredijilik usullary girizilýär.

Şeýlelikde, öwretmegiň maksady, usuly, görnüşi we tehniki serişde usuly (metodiki) sistemany döredýär. Bu usuly sistemada pedagogik döredijilik esasy kesgitleýji roly oýnaýar.

Öwretmegiň usulyýeti, serişdesi we görnüşi aralaryndaky baglanyşyk öwretme tehnologiýasyny döredýär. Häzirki wagtda «pedagogik tehnologiýa» düşüňjesine berilýän kesgitlemeler köp.

*Akademik B.T. Lihaçyow pedagogik tehnologiýa (tilsimat) diýip, psihologiko-pedagogik birleşmeden ybarat bolan öwretmek usullarynyň, terbiýe beriji serişdeleriň, ýörite kesgitleýji pedagogik işleriň guramaçylyk usulynyň guraly bolup hyzmat edýän öwretmegiň dürli usullaryna, terbiýe beriji serişdelerine aýdýar.*

Fizikany öwretmegiň usulyýeti, ilkinji nobatda, fizika, psihologiýa, pedagogika, filosofiýa, tehniki ylmlary bilen jebis baglanyşykdadyr. Bu baglanyşyk fizika dersiniň mazmunyna, onuň öwrediliş usulyýetine we görnüşine özüniň täsirini ýetirýär. Meselem, fizika ylmynyň ösüşi fizika okuw dersiniň maksatnamasyna ýarymgeçirijileriň esaslaryny, ýörite otnositellik nazaryýetiň esaslaryny, kwant fizikasynyň we beýlekileriň goşulmagyna getirdi.

Pedagogik psihologiýanyň ösüşi ýagny täze psihologiýa konsepsiýanyň we nazaryýetiň, has takygy okuwçylaryň akyly paýhasynyň periodiki ösüş nazaryýetiniň (L.S. Wygotskiý, P.Ýa. Galperin, N.F. Talizin), öwretmekligiň ösüş nazaryýetiniň (L.W. Zankow, D.B. Elkonin), nazary umumlaşdyрма konsepsiýasynyň (W.W. Dawydow)

döremekleri olara esaslanan tehnologiýaly fizikany öwretmek usulyýetini işläp düzmeklige getirdi.

### **1.1.3. Fizikany öwretmegiň nazaryýetiniň we usulyýetiniň ösüş taryhy**

1917-nji ýyldan 1991-nji ýyla çenli döwürde Türkmenistanyň umumy bilim berýän orta mekdeplerinde fizikany öwretmek SSSR-iň düzüminde bolup, onuň bilim sistemasyna laýyklykda geçirildi. Şoňa laýyklykda «Fizikany öwretmegiň usulyýetiniň başlangyç ösüş taryhy» бүs-бүтинлеýin bu döwletiň bilim ulgamy bilen baglanyşyklydyr. Umuman, taryhdan mälim bolşuna görä, dürli döwletlerde aýry-aýry kysymdaky mekdeplerde fizikany öwretmek baryp, 300–350 ýyl mundan öň girizilip başlanypdyr. Russiýada fizika boýunça bilim ulgamyny tertipleşdirip, okuw kitaplaryny we gollanmalary döreden ilkinji alymlar M.W. Lomonosow we E.H. Lensdir. Soňra SSSR döwründe bu alymlaryň başlan işlerini fizik alymlar S.I. Wawilow, A.F. Ioffe, P.L. Kapisa, G.L. Landsberg, I.K. Kikoin dagylar pajarlap ösdürdiler.

«Fizikany öwretmegiň usulyýeti» ylmynyň döremegine 1746-njy ýylda M.W. Lomonosowyň rus diline terjime eden «*Wolfian tejribelýin fizika*» kitaby, L.Eýleriň okuwçysy M.E. Golowiniň (1756–1790 ý.), şonuň ýaly hem 1793-nji ýylda çap edilen P. Gillarowskiniň, 1797-nji ýylda M.M. Speranskiniň, 1808-nji ýylda I.W. Dwigubskiniň ýazan okuw kitaplarynyň uly goşandy bardyr. Fizikany öwretmegiň usulyýetiniň aýratyn ylm bolup döremegine has saldamly goşant goşan işler E.H. Lensiň 1839-njy ýylda ýazan «*Gimnaziýalar üçin fizikadan gollanma*» kitaby we K.D. Kraýewiçiň (1833–1892 ýý.) «Fizikadan okuw kitaby» özünüň ýokary derejedäki ylmylygy bilen tapawutlanan we ýigrimi ýedi gezek gaýtadan çäp edilip okalan kitabydyr. Bu agzalan işlerden başga-da köp sanly kitaplar, gollanmalar ýazylan.

*Fizikany öwretmegiň usulyýetiniň ösüş taryhyny*, esasan hem, üç döwre bölüp bolar:

– 1917-nji ýyly çenli döwür;

- 1917–1991-nji ýyllar döwri;
- 1991-den häzirkiki wagta çenli özbaşdaklyk döwri.

**FÖN we U-nyň 1917-nji ýyla çenli döwri.** *Fizikany* öwretmegiň usulyýeti aýratyn okuw dersi hökmünde 1894-nji ýylda F.N. Şwedow tarapyndan ýazylan «*Fizikanyň usulyýeti*» (*Metoduka fizyky*) kitabyňyň çykan ýylyndan hasaplanylýp başlanylýar. Bu kitap öz döwrüniň fizikasynyň mazmunyny, onuň öwrediliş usulyňyň umumy meselelerini we käbir beýleki wajyp meseleleri öz içine alan ilkinji usuly işdir. Şunlukda, XIX asyryň soňy, ýagny 1894-nji ýyl täze pedagogika ylmynyň «*Fizikany öwretmegiň usulyýetiniň*» döremeginiň ýyly boldy.

Bu döwrüň ösüş taryhy F.N. Şwedowyň kitabyňyň çykan ýylyndan hasaplanyp başlanylan. Eýýäm bu döwürde orta mekdeplerde fizikany öwretmäge zerur bolan esasy maglumatlar sistemalaýyn toplanýan. FÖN we U-nyň esasyňyň pugtalanmagyna I.I. Kosonogowyň (1908-nji ýyl) «*Fizikadan konsentrik okuw kitaby*», A.B. Singeriň (1910 ý.) «*Fizikanyň başlangyjy*», F.N. Indriksonyň (1912–1913 ý.) «*Fizika kursy*», W.W. Lermontowyň (1907 ý.) «*Fizikanyň usulyýeti we abzallaryň abat saklanylyşy*» ady bilen çykan kitaplary uly täsir etdi. Bu kitaplarda fizika ylmynyň gazananlary we fizikany öwretmek boýunça şol döwre degişli bolan usulyýetler, okuw materiallarynyň sistemalaýyn paýlanylyşy toplanýan. Fizikany öwretmegiň nazaryýeti we usulyýetiniň (FÖN we U) bu döwri N.W. Kaşiniň (1916 ý.) «*Fizikanyň usulyýeti*» kitabyňyň ýazylmagy bilen tamamlanylýar. Bu kitap fizikanyň usulyýeti boýunça şol döwrüň fizika ylmynyň we ony öwretmek usulyýeti boýunça iň soňky gazanylanlary bolan fizikany öwretmekde tejribe işleriniň, görkezme tejribeleriniň guralyşyny, fizika öwredilýän synplaryň gurallar bilen üpjün edilişini we başgalary öz içine alan esasy kitapdyr. Bu kitapda jemlenen položitel pikirler häzirkiki döwürde ulanylýan kitaplarda-da öz ornuny tapdy.

Şol döwrüň atly fizik mugallymlary-usulyýetçileri öwretmegiň usulyýetini, fizika dersiň mazmunynyň düzümini ulgamlalaýyn kämilleşdirmek babatda ylmy konferensiýalar geçiripdirler. Emma şol döwürde meseläniň goýulmagyna garamazdan, fizikany öwretmek boýunça ýeke-täk sistema döretmek başartmandyr.

FÖN we U-nyň ösüşiniň 1917–1991-nji ýyla çenli döwri. Dowamlylygy 70-ýyl *çemesi bolan bu döwri uly iki döwürçä böleliň.*

**I döwür.** Bu 1917–1931-nji ýyllary öz içine alýar. Bu döwrüň esasy meseleleri täze hilli mekdepleri döretmek, olary okuw meýilnamalary, maksatnamalary bilen üpjün etmek hem-de öwretmegiň guramaçylyk görnüşlerini kämilleşdirmek babatynda örän köp işler bitirildi. Bu döwürde mekdeplerde fizikany öwretmegiň okuw maksatnamalarynyň ilkinji görnüşi 1918-nji ýylda neşir edilýär. Bu maksatnama laýyk gelyän okuw kitaby bolsa, *«Rabfaklar üçin fizikadan iş kitaby»* ady bilen 1921-nji ýylda ýazylyar we ol 1924-nji ýylda neşir edilýär. Bu döwürde fizikany öwretmegi has kämilleşdirmek babatda köp işler bitirilýär. Öwretmegiň politehniki mazmunyny has güýçlendirmek, okuwçylaryň özbaşdak işlerine aşa uly ähmiýet bermek, ekskursiýalary we fizikadan synpdan daşary işleri geçirmeklige ünsi güýçlendirmek, fizikany öwretmegiň «hekli usuly» bilen barlyşyksyz göreş fizikany öwretmek usulyýetiniň ösüşiniň I döwürine degişlidir. Bu döwürde hem fizikany öwretmegiň iki basgançakly çemeleşmesi öňe sürülüp, 1921-nji ýylda onuň iki sany dürli okuw maksatnamasy hödürlenýär. Olaryň *Petergrad nusgasy P.A. Znamenskiý tarapyndan* düzülip, onda *fizikany öwretmegiň iki basgançakly görnüşi we okuw materiallarynyň sistemalaşdyrylyşy üznüksiz ösdürilýär.* Maksatnamanyň *ikinji nusgasy M.L. Wilbert tarapyndan* düzülip, ol *fizika okuw dersiniň materiallarynyň radial düzümini* öz içine alýar. Bu köne maksatnama dolanmagy aňladany sebäpli, ol köteklenýär.

**II döwür.** Bu 1932–1991-nji ýyllary öz içine alyp, onuň esasy aýratynlygy fizikany öwretmek usulyýetiniň ylmy esasyynyň pugtalanmagydyr. Bu babatda P.A. Znamenskiniň, I.I. Sokolowyň, D.D. Galaniniň, B.H. Bakuşinskiniň, B.F. Ýuskowiçiň we başgalaryň uly möçberli usulyýet boýunça okuw gollanmalarynyň we kitaplarynyň möhüm ähmiýetiniň bardygyny bellemek gerek. Ýokarda ady tutulanlardan başga-da, ençeme Sowet döwletiniň düzümine girýän dürli milletleriň usulyýetçileriniň tagallalary bilen fizikany öwretmek usulyýetiniň ösüşiniň şu döwüründe mekdep maksatnamasyna frontal laboratoriýa işleri girizilýär. Fizika dersiniň nazary mümkinçiligini



ösdürmek maksady bilen 1947-nji ýylda täze okuw maksatnamasynyň taslamasy işlenip düzülýär.

Bu döwürde fizika ylmynyň soňky gazananlary bilen mekdeplede öwredilýän fizika dersiniň arasyndaky üzneligini aýyrmak üçin täze okuw maksatnamasy taýýarlanylýp, 1967-nji ýylda neşir edilýär. Fizikany öwretmegiň täze mazmunyna geçilmeginden başga-da, fizikany öwretmegiň görkezme (demonstrasiýa) tejribelerini baýlaşdyrmaklygy, fizikany öwretmegiň serişdeleriniň we usulyýetiniň barha kämilleşmegi bu döwri häsiýetlendirýän esasy zatlardyr. Mysal üçin, şu döwürde ähli mekdeplerde diýen ýaly *Fizika kabinetleri döredilýär*. 1960-njy ýyllardan başlap, okuwçylaryň fizikadan özbaşdak fizpraktikumlary, tehniki serişdeler mekdeplerde giňden ornaşdyrylýar. Problemalaýyn we maksatnamalaýyn öwretmek usullarynyň bölekleri mugallymlaryň usulyýet baýlyklaryna öwrülýär.

**1991-nji ýyldan soňky özbaşdaklyk döwri.** 1991-nji ýylyň ortalarynda SSSR-iň dargamagy we oňki soýuza girýän respublikalaryň özbaşdak döwlet bolmaklary, bu döwletleriň milli gurluşy bilen baglanyşykly orta we ýokary okuw mekdepleriniň täze ösüş döwri başlanýar. Bu döwürde orta we ýokary okuw mekdeplerinde fizikany öwretmekde okuw işlerine kompýuterleriň girizilmegi, laboratoriya işlerinde we fizika dersiniň nazary bölümüne özbaşdak taýýarlamak üçin öwretmegiň awtomatiki ulgamlarynyň girizilmegi ýaýbaňlandyrylýar. Sonuň ýaly hem fizikany öwretmegiň usulyýetinde çuňlaşdyrylan maksatnamalar, differensial çemeleşmeler girizilýär.

#### **1.1.4. Türkmenistandaky milli mekdepler**

Türkmenistanda milli mekdepler 1932-nji ýyldan başlap, fizikadan okuw kitaplary bilen üpjün edilýär. Bu mesele rus dilinde ýazylan okuw kitaplary türkmen diline terjime etmek ýoly bilen çözülýär. *Türkmen dilinde ilkinji gezek Mämmetdurdy Annagurdowyň terjimesi bilen A.I. Kruşewskiniň «Fizikadan iş kitaby»* atly okuw gollanmasy neşir edilýär. Türkmenistanda fizikany öwretmegiň usulyýeti türkmen alymlary A. Berdiýew, I. Rejepow, A. Gurbanow, N. Gurbannyýazow,



H. Annadurdyýew, A. Çaryýew, Ö. Bekmyradow, A. Hudaýberdiýew, B. Badaýew, G. Toýlyýew we başgalar tarapyndan ösdürilýär. 1967-nji ýylda alym-pedagog A. Gurbanow tarapyndan türkmen dilinde «Molekulýar fizika» kitaby çapdan çykýar. Soňra bu kitap A. Gurbanow we B. Akmyradow tarapyndan üstünde işlenilip gaýtadan çap edilýär.

Türkmenistanyň milli mekdeplerinde hem I döwürde dörän ajaýyp usulyýet pikirleri onuň II we özbaşdaklyk ýyllary döwründe çuňlaşdyrylýar we kämilleşdirilýär.

Fizikany öwretmek boýunça türkmen dilinde ilkinjileriň hatarynda A. Hudaýberdiýew tarapyndan «Mekdepde fizikany okatmagyň metodikasy» (umumy meseleler) atly kitaby 1988-nji, A. Hudaýberdiýew we başgalar tarapyndan «Fizikany okatmagyň meseleleri», (tematik ýygyny fizikany okatmakda oýunlardan peýdalanmak), 1994-nji ýyllarda çap edilýär.

### **1.1.5. Türkmenistanda orta bilim syýasaty**

Berkararlyk döwletiniň bagtyýarlyk zamanynda Türkmenistanyň umumybilim berýän orta mekdepleri personal kompýuterler we kompýuter synplary bilen baýlaşýar.

Hormatly Prezidentimiz Gurbanguly Berdimuhamedowyň görkezmesi esasynda 2011–2012-nji okuw ýylynda 1-nji synpda okuwa başlan okuwçylaryň ählisini Netbuk bilen sylaglandy. Bu bolsa mekdep okuwçylarynyň hemmesiniň şahsy kompýuter bilen doly üpjün edilmeginiň başlangyjydyr.

Her bir welaýat merkezinde ýöriteleşdirilen mekdep internatlary, adaty orta mekdeplerde bolsa ýöriteleşdirilen, tebigy ylymlar boýunça çuňlaşdyrylan synplar döredildi. Mekdeplerde ýörite ugurlar boýunça geçirilýän fakultatiw sapaklaryň sany artdyrylyp başlanyldy. Garaşsyz Türkmenistanyň türkmen alymlary we usulyýetçileri tarapyndan Türkmenistanyň geografiki, ykdysady, taryhy ösüşini we gazylyp alynýan baýlyklaryny, olaryň gaýtadan işleniliş tehnologiýasynyň aýratynlyklaryny öz içine alýan okuw maksatnamalarynyň we okuw kitaplarynyň ýazylmagyna başlanyldy. Eýýäm Garaşsyzlyk ýyllarynyň içinde orta mekdepleriň hemme

synplary üçin fizikadan 1-nji neşirde synag, soňky neşirde bolsa okuw kitaplary türkmen alymlarynyň we halypa mugallymlarynyň ýazmagynda neşir edildi.

Dürli ugurlar boýunça daşary ýurtlaryň ýokary okuw mekdeplerine okuwa iberilýän türkmen ýaşlarynyň sany ýylsaýyn artýar.

Aşgabatda Türkmen-Türk Halkara uniwersiteti açyldy.

Türkmenistanyň umumybilim berýän orta mekdep işgärleriniň önünde XXI asyrdaky döwrebap bilimli, düşünceli, dogumly ata Watanyna wepaly, ylmy tehnikaýyň häzirkiki zaman derejelerinden başy çykýan, her bir ylmy täzeliklere innowasion tehnologiýa düşüncäni, ylmy esasyda derňäp biljek, edepli ýaşlary ýetirdirmek wezipeleri goýuldy.

Türkmenistanyň bilim işgärleri Beýik Galkynyşlar we täze özgertmeler zamanasynda dünýä bäsleşiklerinde hemme dersler boýunça gowy netijeler görkezýän türkmen ýaşlaryny terbiýeläp ýetirdirýärler. Dünýä standartlaryna laýyk gelýän täze mekdepler, stadionlar, teatrlar, muzeýler, seýilgähler ýaşlardan edilýän tamany ödemeklige gönükdirilen tagallalardyr.

Beýik Galkynyşlar zamanasyndan bat alan, Berkarar döwletimizniň bagtyýarlyk döwründe bilim sistemasy pajarlap ösýär. Häzirkiki zaman dünýä standartyna laýyk gelýän, elektronikaýyň in soňky gazananlary boýunça taýýarlanan tejribehanaly, multimedialy, interaktiw tagtaly, proýektorly we görkezme tejribe gurally, personal kompýuterli täze mekdepleriň binasy guruldy we işlemäge tabşyryldy.

Düzümine ylmy-barlag institutlaryny birikdirýän Türkmenistanyň Ýlymlar akademiýasy döredildi we işe başlady. Dürli ugurlar boýunça aspiranturalar, doktoranturalar açyldy. Ylym bilen bilimiň arasyndaky asyrlar boýy dowam edip gelen aradaşlyk ýakynlaşdyrylyp başlanyldy. Häzirkiki wagtda Aşgabatda A.S. Puşkin adyndaky türkmen-rus mekdebi işleýär.

Ýokary mekdeplerde-de düýpli özgerişlikler bolup geçdi. Täze, elektronikaýyň in soňky gazananlaryna laýyk gelýän okuw tejribehanaly we umumy sapaklary geçirilýän öwretmegiň usulyýetiniň talaplaryna laýyk gelýän birnäçe okuw otagly ýokary okuw mekdepleriniň binalary salnyp tabşyryldy. Ýokary okuw mekdepleriniň professor-

mugallymlary tarapyndan türkmen dilinde okuw kitaplary, gollanmalary ýazylyp başlanyldy.

Berkarar döwletiň bagtyýarlyk zamanasynda ýaşlara bilim bermekde dünýä standartyna laýyk gelýän hünärmenleri taýýarlamaklyk öz miwesini berip başlady.

Ýokary okuw mekdeplerde, döwlet kitaphanalarynda Internet otaglarynyň sany artdyryldy. Uly şäherlerde internet kafeleri döredildi. Türkmen ýaşlarynyň münlerçesi daşary ýurt ýokary mekdeplerine okuwa iberildi, olaryň sany ýyl saýyn artýar.

### **1.1.6. Umumybilim berýän mekdeplerde okuw prosesini kadalaşdyryjy resminamalar**

Umumybilim berýän mekdeplerdäki okuw-terbiýeçilik işleri Türkmenistanyň Prezidenti Gurbanguly Berdimuhamedowyň 2010-njy ýylyň 17-nji awgustynda kabul eden Bilim hakyndaky Karary esasynda taýýarlanan meýilnama *laýyklykda geçirilýär*.

*Bu Karara* laýyklykda Türkmenistanda umumybilim berýän ynsançylyk, takyk, tebigy we umumy ugurlar boýunça ýöriteleşdirilen orta mekdepler döredildi.

2009-njy ýylda Türkmen döwlet neşirýat gullugy tarapyndan Ylmy işgärleriň hukuk ýagdaýy hakynda Türkmenistanyň Kanuny çap edildi.

## **1.2. UMUMYBILIM BERÝÄN MEKDEPLERDE FIZIKANY ÖWRETMEGIŇ MAKSATLARY**

### **1.2.1. Öwretmegiň maksatlarynyň kesgitlenilişi**

Orta mekdeplerde öwretmeli dersleriň sanawy, mazmuny, tehnologiýasy mekdepleriň önünde goýlan maksatlara we ýaşlar bilen çözülmeli meselelere baglydyr. Bu agzalan zerurlyklar Türkmenistanyň Prezidentiniň Bilim baradaky Permany esasynda taýýarlanylýar. Munuň üçin Türkmenistanyň Bilim ministrliginiň Milli Bilim ylmy-barlag institutynyň, ýokary mekdepleriň mugal-

lymçylyk bölümleriniň alym-usulyýetçileriniň we halypa mekdep mugallymlarynyň gatnaşmagynda iki basgançakly okuw sistemasy kabul edildi. Mekdep bilim ulgamynyň her basgançagy üçin okuw materiallarynyň mekdepleriň görnüşlerine (umumy, ýöriteleşdirilen) baglylykda olarda öwretmeli dersleriň her biri boýunça esaslyk maksatnamalar ýazyldy. Bu maksatnamalarda okuw prosesiniň her okuwçylaryň önünde goýulýan maksatlar we eýe bolunmaly bilimiň derejesi anyklanylýar. Bu prosesiniň soňky netijesi taýýarlanan maksatnama laýyklykda okuw kitaplary, gollanmalar, mesele kitaplary, didaktiki materiallar ýazylýar. Bu edebiýatlaryň her birinde gozgalýan temalaryň açylyp görkeziliş derejesi, onuň ylmylygy okuwçylaryň ýaş aýratynlygyna we didaktikanyň talabyna laýyk gelmelidir. Şonuň ýaly hem iki basgançakly ulgamyň talabyna laýyklykda birinji basgançakda gozgalan temalardaky berilýän maglumatlar onuň ikinji basgançagynda gaýtalanmaly däldir.

Häzirki döwürde kompýuterleşme jemgyýetiň hemme gatnaklaryna ýyldyrym çaltlygynda aralaşýar. Şonuň üçin hem orta mekdeplerde kompýuter tehnologiýasyny diňe bir informatika sapaklarynda ulanmak bilen çäklenilmän, eýsem, ony islendik okuw derslerini öwretmekde, okuwçylaryň bilimini barlamakda ulanylýar. Munuň üçin islendik ders boýunça amaly sapaklaryň geçirilýän otaglarynda mugallymyň kompýuteri bilen lokal ulgam döredilen kompýuterleriň, islendik fiziki hadysalaryň geçiş dinamikasyny özünde saklaýan magnet ýazgylý diskleriň kortatekalarynyň, elektron ýazgylarynyň bolmagy zerurdyr.

Ýaşlara berilmeli orta bilimiň maksady mekdepleriň önünde jemgyýetiň häzirki zaman ösüşine laýyklykda goýlan talaby, buýurmasy esasynda kesgitlenilýär. Bu maksatlaryň esasy hökmünde şahsyýetiň hemme taraplaýyn ýiti zehinli, parasatly bolmagy göz önünde tutulýar. *Ýiti zehinli, parasatly şahsyýet diýip, çuňňur we berk bilimli, eýe bolan bilimini özbaşdak ösdürmäge, iş ýüzünde ony durmuşa geçirmäge, jemgyýetiň ösmegine ýardam bermäge gatnaşýan, ynsanperwer, ýoldaşlaryna hemaýat bermegi başaryan, islendik çylşyrymly hallardan netije çykaryp, onuň dogry we peýdaly çözgüdini tapyp bilýän şahsyýete düşünilýär.*

Ýaşlara berilmeli umumybilimiň maksady mizemez dälidir. Ol ylmy potensialyň ösmegi, ylmy täzelikleriň durmuşa ornaşdyrylmagy, jemgyýetiň ykdysadyýetiniň we syýasatynyň üýtgemegi bilen üýtgäp biler. Meselem, XX asyrdaky ýaşlara bilim bermekligiň esasy bolup, fizikanyň ylmy esaslaryny çuňňur we esaslaýyn öwretmek hasaplanan bolsa, häzirki döwürde ýaşlara berilýän bilim bilen bilelikde olaryň eýe bolan bilimini ösdürmek, terbiýe bermek, watanyna bolan söýgini, buýsanç duýgularyny kämilleşdirmek meseleleri esasy orunda goýulýar. Şonuň ýaly hem fizikany öwretmegiň maksatlary we düzümi bolan fizikany öwretmegiň barlag usullary boýunça bilimi kämilleşdirmek, fizikany öwretmekde okuwçylaryň nazary ukyp-laryny ösdürmek, hünär saýlamak endiklerini döretmek giňelýär.

Fizikany öwretmegiň maksatlaryny kesgitlemegiň birnäçe usullary bar. Olardan: hiç hili klassifikasiýasyz diňe teswirleniş; öwrenijiler tarapyndan adaty meseleleriň sanawyny ýa-da onuň çözüliş yzygiderliligini we klassifikasiýasyny ulanyp teswirlenişini öwrenmek.

Bu ýerde fizikany öwretmekde haýsy klassifikasiýany ulanmaly diýen sorag ýüze çykýar? Bu klassifikasiýalaryň biri hökmünde iş ýüzünde didaktikanyň ***bilimi öwretmegi, ony ösdürmegi we terbiýe bermekligi*** özünde jemleýän klassifikasiýa saýlanylýar.

***Bilimi öwretmegiň maksadyna*** fizikanyň esaslaryny, fizikany öwrenmegiň usulyýetlerini tejribeleriň kömegi bilen öwreniş usulyýeti, alnan bilimleri mesele çözmekde ulanyp bilmek endiklerine eýe bolmaklyk girýär.

***Bilimi ösdürmäge***, özbaşdak pikirlenmek we netije çykarmak endiklerini artdyrmak girýär.

***Terbiýe bermeklige*** ylmy dünýägaraýşy, politehniki bilimi, estetik, ahlak terbiýelerini kämilleşdirmeklik girýär.

### **1.2.2. Fizikany öwretmegiň esasy maksatlary**

**1. Durnukly we çuň bilimi kämilleşdirmek.** Munuň özi mekdep biliminiň esasy bolup, ol ösüp gelýän ýaş nesle tebigat ylmlarynyň esasy, jemgyýet, tehnika, adam, döredijilik usullaryny, ady belli

alymlaryň döredijilik tejribeleri baradaky maglumatlary öwretmekden ybaratdyr. Bu agzalanlardan fizika okuw dersi boýunça fizikany öwretmegiň esasy meseleleri okuwçylara tebigat hadysalaryny ylmy esasyda açyp görkezmek we düşündirmekden, olarda amaly başarnyklary kemala getirmekden we ösdürmekden ybaratdyr. Bu meseleler okuwçylaryň fizikadan tejribe we amaly-tejribe işlerini ýerine ýetirmekleri olaryň tehnikanyň köp ugurlary boýunça bilim almaklaryna, özbaşdak ylmy-barlag işlerini geçirmek we alan netijelerini ýazyp beýan etmek endiklerini kämilleşdirmäge gönükdirilendir. Okuwçylaryň fizikadan alan bilimlerini amalyýetde ulanmaklary, fizika sapaklarynda degişli mysallara salgylanmaklary olaryň aňly-düşünjeli hünär saýlamaklaryna we zähmete taýýarlygyna ähmiýeti uludyr.

Didaktikanyň kanunlaryna laýyklykda fizikadan laboratoriya işleri, fizpraktikumlar fizikany öwretmegiň aýrylmaz şahasy hasaplanylýar. Fizikany öwretmegiň usulyýeti ylym hökmünde ykrar edil-mänkä öwretmekde fizikadan laboratoriya işlerine esasy orun berlen. Hakykatdan hem, laboratoriya işleri esasynda nazary ylmy netijeler iş ýüzünde ykrar edilýär, okuwçylarda ýerine ýetirilýän işlerde alnan maglumatlary umumylaşdyрма we teswirleme endikleri döreýär.

Fizikadan mesele çözmeklik bilim almaklygyň esasy usullarynyň biri we okuw işlerini guramagyň möhüm görnüşü hökmünde hasaplanylýar.

Fizikany öwretmegiň ýene-de esasy görnüşleriniň biri hem ekskursiýadyr. Ol öwretmegiň amaly ugurlaryny, fiziki tejribeleri geçirmegi güýçlendirýär. Önümçilik edaralarynda geçirilen ekskursiýa okuwçylaryň eýe bolan nazary bilimlerini senagatda, önümçilikde ulanylyşyna göz ýetirmäge, şonuň bilen birlikde okuwçylara politehniki bilim bermäge ýardam berýär.

Bilim bermek işinde berilýän maglumatlary okuwçylar tarapyndan özleşdirilişiniň derejesine baha bermek usuly köp usulyýetçiler tarapyndan goldanylýar. Bu usullaryň biri usulyýetçi Bluman tarapyndan esaslandyrylan taksonomiýadyr (taksonomiýa grekçe *taxis* – tertip boýunça ýerleşdirme, nomos-kanun, nazaryýet ýa-da klassifikasiýa diýmekligi aňladýar). Fizikada bilimleriň özleşdirilişine baha

bermek usuly polýak usulyýetçisi Karpinçik tarapyndan dört dereje görnüşinde kesgitlenilýär.

I dereje – bilimi ýatda saklamak;

II dereje – eýe bolnan bilime düşünmek;

III dereje – eýe bolnan bilimleri öň tanyş bolan hadysalarda ulanmak;

IV dereje – eýe bolunan bilimleri öň tanyş bolmadyk hadysalarda ulanmak.

III dereje boýunça okuwçylar eýe bolnan bilimleri öň tanyş bolan çäklerde ulanmany başarmaly. Soňky IV dereje boýunça bolsa bilimleri döredijilikli ulanmaly. Diýmek, bilimleriň özleşdirilişiniň hemme agzalan derejeleri fizikadan alnan bilimleri onuň kanunlaryny bilmek, düşünmek, tanyş we tanyş däl islendik proseslerde ony ulanyp bilmek, islendik çylşyrymlylykdaky meseleleri çözmek, tebigatda bolup geýýän hadysalary düşündirmek, islendik maşynlaryň işleýiş prinsiplerini düşündirmegi başarmak we tehnologik prosesleriň esasynda düşünmekligi öwredýär.

Nýutonyň II kanunynyň mysalynda okuwçylarda agzalan bilim derejeleriniň berjaý bolşuna seredeliň.

I derejäniň talaplary berjaý bolanynda okuwçy birnäçe aňlatmalaryň içinden Nýutonyň II kanunyny tapyp bilmeli we onuň kesgitlemesini aýtmany başarmaly.

II derejäniň talaplary boýunça okuwçy ol kanunyň manysyny, güýjüň täsirini we onuň netijesi bilen baglanyşdyrmany, massanyň fiziki manysyny düşündirmäni başarmaly.

III derejäniň talaplary boýunça okuwçy Nýutonyň II kanunyny mesele çözmekde, jisimiň massasy bilen tizlenmesiniň arabaglanyşygyny tejribede barlap bilmeli.

IV derejäniň talaplary esasyda okuwçylar Mugallymyň tabşyrygy boýunça grawitasiýa, sürtülme güýjüň täsiri bilen ýerine ýetirilýän işi kesgitlemegi başarmaly.

Bu derejeleriň ählisiniň hemme okuwçylar tarapyndan ýerine ýetirilmegini gazanmak mümkin däl. Agzalan derejeleriň birinjisinden dördünjisine geçiş didaktikanyň talabyna laýyk amala aşyrylmalydyr.

Fizikadan her bir tema boýunça esasy, hökmany we aýgýtlaýjy eýe bolmaly bilimiň möçberi anyklanylýan. Olar ders boýunça ýazylan maksatnamada görkezilen. Eýe bolunmaly bilimleriň esasy we hökmany bölegi hemme okuwçylara degişlidir.

Aýgýtlaýjy diýlip hasaplanylýan ylmy esasyda çuň açylyp görkezilmeli IV derejä degişli okuw materiallar hemme okuwçylara degişli dälidir.

**2. Politehniki bilim bermek we hünäre ugrukdyrma.** Islendik döwletiň ösüşi ösüp gelýän ýaş nesliň ylmy, senagaty, oba hojalygyny ösdürmäge ukyplylygyna, ylmyna we zähmete bişişenligine baglydyr. Orta mekdepleri tamamlýan hemme okuwçylar häzirki zaman senagat kärhanalarynyň esaslary boýunça düşüňjesi bolmalydyr. Mekdepde alnan bilimleriň esasynda olar gysga wagtyň dowamynda önümçilige düşüňmäni başarmalydyrlar. Has takygy mekdep fizikasy okuwçylara politehniki bilimiň esaslaryny bermekde wajyp orny eýelemelidir.

Ýewropa döwletlerinde XIX asyryň aýaklarynda senagatyň ýokary depginde ösmegi we işçi güýjüň azlygy zerarly mekdep okuwçylaryny önümçilige köpçülikleýin çekmek maksady bilen mekdepde politehniki bilim bermek meselesi ulanylyp başlanylýan. Soňra bu tejribе көp döwletlerde özüniň ornuny tapdy we ol iki basgançakly bilim ulgamynyň aýrylmaz şahasyna öwrüldi. Politehniki bilim aýratyn bir okuw dersinde berilmän ol fizikanyň, himiýanyň, biologiýanyň, zähmet okuwynyň we beýleki dersleriň okuw materiallary saýlanylanda olaryň nazary esaslarynyň degişli senagatda, önümçilikde ulanylyşy bilen baglanyşdyrmalydyr. Esasan hem, elektronikanyň pajarlap ösmegi we hemme tehnologikey proseslere aralaşmagy, tehniki özgermeleriň bolup geçýän XXI asyrynda politehniki bilim bermekligiň esasy bölegi fizika ylmynyň paýyna düşýär. Bu babatdan aýdylanda politehniki bilim bermegiň esasy meseleleri:

- okuwçylary ylmy-tehniki öňegidişligiň esasy ugurlary bilen tanyşdyrmak;

- okuwçylary esasy tehniki gurluşlarda bolup geçýän tehnologikey prosesler bilen tanyşdyrmakdan durýar.



Fizika okuw dersi boýunça politehniki bilim bermekde okuw materiallaryna goşulmaly düzüjiler aşakdakylar bolup biler:

1. Fizikanyň tehnika bilen arabaglanyşygy.
2. Ylmy-tehniki özgermäniň esasy ugurlary.
3. Häzirki zaman senagatynyň esasy ugurlary.
4. Takyk tehniki desgalar we tehnologik prosesler.
5. Sosial-ykdysady bilim.
6. Ekologiki bilim.

Politehniki başarnyklary kemala getirmegiň wajyp meselesi fizika sapagyndaky politehniki okuwdyr. Bu başarnyklardan aşakdakylary sanap bolar:

- 1) ölçeýji abzallardan peýdalanmak we ölçeg geçirmek;
- 2) tablisalardan peýdalanmak;
- 3) funksional baglanyşykly grafikleri okamak we gurup bilmek;
- 4) elektrik çyzgylary çyzmak we olar boýunça çyzgylary ýyg-namak;
- 5) ölçegleriň absolýut we otnositel ýalňyşlyklaryna baha berip bilmek;
- 6) ossillograflaryň kömegi bilen elektrik signallaryň häsiýetlendiriji ululyklaryny kesgitlemek.

Ýokarda getirilen sanawdaky başarnyklar fizika dersiniň aýrylmaz bölegidir we onsuz fizikany öwrenmek mümkin däldir. Diýmek, fizika we polotehniki bilminiň özara baglanyşygy juda çuňdur.

Mekdebiň esasy meseleleriniň biri ösüp gelýän ýaş nesle bilim we onuň bilen bilelikde zähmet terbiýesini bermek, olary zähmete işeň gatnaşmaga taýýarlamakdyr. Şonuň üçin hem ösüp gelýän ýaş nesle didaktikanyň esasy prinsipleri bolan durnukly çuň bilim bermek, ony ösdürmek, terbiýe bermek bilen bir hatarda hünäre ugrukdyrmany hem amala aşyrmalydyr.

*Hünäre ugrukdyrma – okuwçylaryň hünär saýlamaklaryny öwretmek we olara bu işde kömek bermek üçin ýörite guralyp geçirilýän işdir.*

Geljekki hünärini saýlamakdan daşary ýaşlary döwletdäki halk hojalygyny, olaryň geljegi bolan ileri tutulýan ugurlary bilen tanyşdyrmaly. Mekdebi tamamlajak okuwçylary kärhanalardaky ulanyl-

ýan tehniki we tehnologiki prosesler, hünärler olaryň iş şertleri we mümkinçilikleri bilen ýakyndan tanyşdyrmaly. Munuň üçin mekdebiň administrasiýasy öz etrabyndaky kärhanalar we häkimlik bilen aragatnaşykda bolup, okuw ýyly tamamlanmanka kärhanalardaky boş iş ýerleri baradaky maglumat boýunça etrabyň häkimliginiň zähmet birža bölüminiň hünärmenleri bilen okuwçylaryň duşuşygyny guramaly. Hünär ugrukdyryş işleri ýokary mekdepler tarapyndan hem geçirilýär. Bu işde ýokary mekdeplerde taýýarlanylýan hünärmenler, talyplaryň durmuşy we olaryň, dynç alyşlary, sport çärelerine, döwlet bäsleşiklerine gatnaýyşlary, çeper höwesjeňler gurnaklarynyň işleri bilen tanyşdyrmak maksady esasyda guralmaly.

**3. Okuwçylaryň aň – düşüňjelerini ösdürmek.** Okuwçylaryň aň düşüňjelerini ösdürmek orta mekdepleriň iň wajyp meseleleriniň biridir. Bilim, başarnyk we endige eýe bolmaklyk aň düşüňjeleriň ösmeginiň miwesidir. Ösüp gelýän ýaş nesle mekdepde bilim öwretmek bilen medeniýetli, özbaşdak, galjaň şahsyýeti özdürip ýetishdirmegi jemgyýetiň talap ermegi mugallymlar köpçüliginiň mekdepde ýaşlara bilim öwretmegiň usulyýetiniň mazmunyna we serişdesine bolan garaýyşlaryny özgertdi. Bilim öwretmekde öň üns berilmän, hasaba alynmaýan alymlaryň döredijilik işi we daşky dünýä özboluşly garaýyş tejribeleri ýaly öwretmegiň mazmunynyň düzüjileri indi mekdep okuwçylarynyň şahsyýetini ösdürmekde wajyp hasaplanylýp başlandy. Esasan hem, okuwçylaryň şahsyýetini kämilleşdirmek meselesinde olaryň hut özleriniň çetde durmazlygy oňa mugallym bilen sazlaşykly işjeň gatnaşmagy zerurdyr.

Okuwçylaryň şahsyýetiniň ösüşi ilkinji nobatda olaryň aň edip bilijilikleriniň ösüşidir.

*Aň edijilik – adamynyň real hakykaty bilesigelijiligidir.* Duýuş, gözegçilik, obstrakt aňlamaklyk netijesinde akyl paýhaslaryny jemlemek göze görünmeýän materiýanyň mikro bölejiklerinden başlap, makro jisimlere çenli gözegçilik obýektleri boýunça real hakykaty ykrar etmeklik aň edijiligiň miwesidir.

Okuwçylarda aň edip bilijiligi ösdürmeklik fizikany öwretmegiň usulyýetiniň aýrylmaz bölegidir we hemme mugallymlaryň maksadydyr. Munuň üçin mugallym fizikany öwretmek prosesiniň dowad-

mynda okuwçylarynyň aň edip bilijilik ukybyny dialektikanyň kanunyna laýyklykda öýandyryp bilmegi olaryň döredijilik ukybyny jemläp, islendik hadysalar boýunça takyk ýa-da takmyn takyk netijä gelmeklerini terbiýeleýär. Bu bolsa öwretmek usulyýetinde ýetilmek islenilýän pellehanadyr. Mugallym fizika hadysalarda täsiriň ugry ýa-da häsiýeti boýunça gapma-garşylyklaryň dialektiki birligini okuwçylara düşündirmek bilen fizika sapagynda olaryň aň edip bilijiligini ösdürýär. Mekdep fizikasynda munuň ýaly gapma-garşylyklaryň dialektikasynyň birligi hökmünde duşýan ýönekeý we düşnükli mysallardan bugarma we kondensasiýa ýaly häsiýetler, ereme we gatama ýaly prosesler, çekişme we iteleşme ýaly hadysalar, şonuň ýaly hem hereket we dynçlyk we ş.m. häsiýetlendiriji prosesler okuwçylara has düşnüklidir. Şeýle-de bolsa, käbir halatlarda mugallym şol bir wagtda bolup geçýän gapma-garşylykly häsiýetli okuwçylaryň ýokarda agzalanlara düşünmegine kömek bermelidir.

### **1.2.3. Umumybilim berýän orta mekdeplerde fizika okuw dersi**

#### **Mekdep fizikasy materiýanyň häsiýetlerini öwreniji hökmünde**

Mekdep fizikasynyň mazmuny materiýanyň häsiýetlerini öwreniji bolan fizika ylmynyň esasyny düzýär. Materiýany öwrenmekde fizika ylmy nazaryýete, gipoteza, eksperimente, logiki we abstrak aňlamaklyga daýanýar. Bu çemeleşmelerde materiýa we hereket, giňişlik we wagt, özarabaglanyşyk we özaratäsir ýaly filosofik garaýyşlar hem takyklanylýar.

Materiýanyň häsiýetlerini öwrenmegiň taryhynda Nýutonyň nusgawy mehanikasy, XIX asyryň aýaklarynda XX asyryň başlarynda M. Faradeýiň, J. Makswelliň, D. Lorensiň, A. Eýnşteýniň we beýlekileriň statistiki we dinamiki nazaryýetleri, şonuň ýaly hem XX asyryň 30-njy ýyllaryna çenli M. Plank, N. Bor, Lui de Broil, W. Geýzenberg, E. Şredinger, P. Dirak we başgalar tarapyndan hödürlenen öwrenmegiň relýatiwistik çemeleşmeleri bellidir.

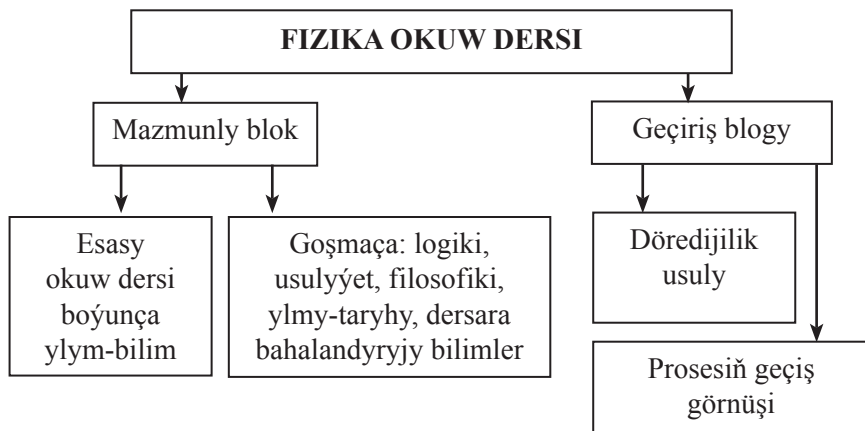
Bu çemeleşmeleriň hemmesi materiýany öwrenmekdäki alymlaryň ylmy garaýyşlarynyň kämilleşmegini, ýagny fizika ylmynyň ösmegini görkezýär.

### **Fizika okuw dersiniň mazmunynyň saýlanylyşy we onuň düzümi**

Fizika dersiniň umumy okuw materialynyň möçberi oňa degişli ylmy maglumatlaryň näçe mukdaryny düzmelidigi baradaky çekeleşme häzirki döwürde-de doly anyklanylýanok.

Şeýle hem bolsa bu okuw dersi boýunça öwretmegiň nazaryýetinde onuň kesgitli didaktiki sistemasy bar. Bu didaktiki sistema girýän ***mazmunly*** we ***geçiriş*** atly iki blokdan ybarat modeli 1.2.1-nji tablisada görkezilen. Mazmunly bloga okuw dersiniň düşünje, kanun, nazaryýet, aňlatmalar, materiýanyň fiziki esaslary girýär. Şonuň ýaly hem bu bloga okuw dersine girmeyän ýardam beriji düşünjeler girýärler. Käbir halatlarda bu ýardam beriji düşünjeler okuwçylaryň bilimini ösdüriji, olara terbiýe beriji hökmünde hasaplanylýar we olar geçiş bloga goşulýar.

*1.2.1-nji tablica*



Fizikany öwretmegiň maksadyna okuwçylarda öwretmegiň usullaryny, ylmy – taryhy, baha berijilik, endikleriniň, dersara bilimi we

bu esasyda umumy döredijilik ukyplarynyň girýändigini üçin olary manyly bloga goşmaklyk maksadalaýykdyr.

Geçiriş bloga okuwçylaryň eýe bolan bilimlerini we endiklerini dürli kysymdaky okuw meselelerini çözmekde ulanyp bilmeklik girýär. Fizikanyň okuw maksatnamasynda agzalanlar laboratoriya işleri we fizpraktikumlar, kä hallarda bolsa seminar sapaklary görnüşinde görkezilen.

Fizika ylmy bilen onuň okuw dersiniň arasyndaky özara baglanyşyk aşakdakylardan ybaratdyr:

- fizika ylmy bilim ulgamy hökmünde onuň okuw dersiniň hemme bölümlerindäki ornuny;

- fizika ylmy ylmy-bilimleri özüde jemleýän hemme düzüjileri (ylmy kepillnamalary, düşüňjeleri, kanunlary, nazaryýeti, älemiň fiziki şekili) fizika okuw dersiniň mazmuny;

- didaktikanyň usuly, görnüşleri we serişdeleri öwretmegiň birliigi; aýratyn okuw dersiniň we dersler arasyndaky baglanyşygyň mazmuny;

- fizika ylmy şahsyýetiň aýratynlygyny, gaýtalanmazlygyny döredýär.

Ylym okuw dersiniň mazmunynyň bilimler ulgamy bolmak bilen birlikde ol döredijiligiň hem ulgamydyr. Ol okuwçylaryň hadysalardan onuň düýp manysyna we manydan hadysa geçişi amala aşyran guramaçylyk döredijiligini özüde jemleýär. Diýmek, *fizika – ylmy fizika okuw dersiniň mazmunynyň çeşmesidir*.

Fizika okuw dersiniň mazmunyny saýlamak öwretmegiň maksadyna, okuwçylaryň öwrenijilik mümkinçiliklerine, ukyplaryna we olaryň gyzyklanma derejelerine baglydyr.

Fizika okuw dersiniň mazmuny garaşsyz döwletleriň arkaşygynyň (GDA-nyň) köpüsünde basgançakly ulgam esasyda gurlan. Bu basgançaklar Türkmenistanyň mekdeplerindäki ýaly iki we ondan hem köp bolup biler.

Öwretmegiň usulyýetiniň ösüş taryhynda okuw materiallarynyň mazmuny radial (çyzykly), konsentrik we basgançakly atlandyrylýan üç hili paýlanyşdan ybarat.

#### **1.2.4. Umumybilim berýän mekdeplerde fizikanyň okuw materiallarynyň paýlanylyşy**

Umumybilim berýän orta mekdeplerde fizikanyň esaslary öwrenilýär we elmydama bu ders döwrebap şol wagtda hem ýönekeý bolmalydyr. Onuň döwre baplygy durmuşyň talabydyr. Fizika elmydama edil beýleki tebigy ylymlar ýaly ösüşdedir, onuň tehnikada ulanylyşy kämilleşýär we giňelýär. Şonuň üçin hem ol ýaşlary ylymda we tehnikada, senagatda işlemäge taýýarlamalydyr. Fizika dersi ösüp gelýän ýaş nesil üçin düşnükli, oňusitel durnukly bolmalydyr. Bu şertler durmuşa ýetmedik halatynda üstünlikli öwretmeklik we öwrenmeklik mümkin däldir.

Mekdepde öwrenilýän fizika biliminiň ulgamy esaslaryň ylmy düşüňjeleri döretmeklige, esasy fizikanyň kanunlaryny we nazaryýetini özleşdirmeklige, fizikanyň dürli usulyýetlerini (nazary we tejribe) düşüňmeklige, okuwçylara politehniki taýýarlygy bermeklige, okuwçylaryň oýlanmagyny ösdürmäge, olarda didaktiki dünýägaraýşy döretmeklige we terbiýeleýji meseleleri amala aşyrmaklyga gönükdirilendir.

Fizika dersiniň mazmunyny we möçberini kesgitleýji esasy dokument okuw maksatnamasydyr. Ol okuwçylaryň eýe bolmaly biliminiň çäginde kesgitleýär we mugallymlara, okuw kitaplarynyň we gollanmalarynyň awtorlaryna iş gollanmasy bolup hyzmat edýär. Okuw maksatnamalary döwlet dokumenti bolup, onuň berjaý bolmagy hökmanydyr.

Fizikanyň, ony öwretmegiň elektron, tehniki we beýleki serişdeleriniň ösüşine, onuň tehnikada ulanylyşyna baglylykda fizika biliminiň anyk mazmuny wagtyň geçmegi bilen üýtgeýär. Şonuň üçin hem fizikadan okuw maksatnamalaryň we fizikany öwretmegiň usulyýetiniň döwürleýin täzelenip durmagy durmuşyň talabydyr. Fizika boýunça okuw materiallary saýlanylanda aşakdakylary göz önünde tutmalydyr:

- mazmunynyň ylmylygy we onuň usuly gönükdirilenligi;
- düşündirmekligiň ylmyň logikasy we okuwçylaryň kämillik derejesi bilen ulgamlaşanlygy;
- nazaryýetiň, amalyýetiň birligi we durmuş bilen baglylygy;

– fizikany öwrenmegiň beýleki okuw dersleri bilen baglylygyny üpjün etmeklik.

Okuw materialy saýlanylandan soňra onuň ulgamlayyn düşündirilişi şol ýaş aýratynlykdaky okuwçylara düşnükli bolmak, dersler arabaglanyşygyny hasaba almak şerti bilen ony okuw ýyllary boýunça bölmek aladasy (problemasy) döreýär. Orta mekdeplerde fizikany öwretmegiň taryhynda fizika dersiniň ýyllar boýunça okuw materialynyň bölünüşiniň *radial, konsentrik we basgançakly* diýlip atlandyrylýan üç düzümi belli.

**1. Radial düzümi.** Okuw materiallary radial düzümi tertipde paýlanylanda fizika okuw dersiniň maksatnamasyna girýän temalar we soraglar diňe bir gezek öwrenilýär. Ýagny bu okuw bölüme degişli materiallar gutarnykly öwrenilip, soňra oňa dolanylmaýar.

Diýmek, bu usulda fizika okuw dersi mehanika bilen başlanylýp, kwant fizikasy bilen tamamlanmaly. Fizika boýunça okuw materiallaryň munuň ýaly paýlanylyşyny Russiýanyň umumybilim berýän orta mekdepleri üçin N. M. Şahmaýew ýazmaga çalşypdyr. Onuň okuw meýilnamasy gysgaldylan görnüşde aşakda getirilen:

**VII synp.** Fizika kursuna giriş. Ýagtylyk barada ilkinji düşüňjeler. Ses barada ilkinji düşüňjeler. Ýylylyk barada ilkinji düşüňjeler. Atomyň gurluşy barada ilkinji düşüňjeler. Fiziki ululyklar barada. Ýylylyk hereketlendirijiler.

**VIII synp.** Elektromagnit hadysalary. Elektrik zarýadlary. Elektrik meýdany. Elektrik togy. Elektrik zynjyry. Magnit meýdany. Elektromagnit induksiýa hadysasy. Ýarymgeçirijiler. Ýarymgeçiriji gurluşlar.

**IX synp.** Mehanika.

**X synp.** Molekulýar fizikanyň esaslary we termodinamika. Elektromagnit hadysalary.

**XI synp.** Yrgyldylar we tolkunlar. Kwant fizikasynyň esaslary.

Bu okuw meýilnamasyndan görnüşi ýaly okuw dersiniň mazmuny radial, ýagny çyzykly däl. Sebäbi elektromagnit hadysalary başda VIII, ýylylyk hadysalary VII synplarda soňra bolsa ol temalar X synpda ikinji gezek öwrenilýär.

Edil şonuň ýaly fizikanyň okuw dersiniň materiallarynyň radial-çyzykly paýlanylyş düzgünini Bolgariýanyň mekdeplerinde ulanmaga çemeleşip, meýilnama taýýarlanylýan. Bu meýilnama hem gysgaldylan görnüşinde aşakda getirilen:

**VI synp.** Fiziki we himiki hadysalar. Ýylylyk we jisim. Hereket we güýçler. Jisimleriň we maddalaryň üýtgemekleri. Jisimleriň özgermegi. Fizika we himiýa tebigat baradaky ylmydyr. Ýagtylyk hadysalary.

**VII synp.** Mehanika.

**VIII synp.** Molekulýar fizika we termodinamika.

**IX synp.** Elektrik we magnit. Yrgyldylar we tolkunlar.

**X synp.** Nazary mehanikanyň esaslary. Ýörite otnositellik nazaryýetiniň (ÝON) esaslary. Kwant fizikasy.

Munuň ýaly turuwbaşdan çylşyrymly fiziki hadysalary, kanunlary öwredilmek islenilende okuw materialynyň özleşdirilişi umumy okuwçylar köpçüligi üçin kynçylyk döredýär. Şeýle hem maksatnama boýunça materialyň radiallaýyn düzülişinde okuw ýylynyň dowamynda sapaklaryň çylşyrymlylygy babatda yzygiderlik saklanýlmaýar. Meselem, pes synpyň okuwçylaryna kinematikanyň we dinamikanyň kanunlarynyň egriçyzykly hereketde ulanylmagy ýaly, çylşyrymly meseleler bilen iş salyşmak, uly synplarda bolsa, has ýeňil soraglar bolan ýylylygyň geçiriliş usullary, jisimleriň temperatura görä giňelmegi we ş. m. soraglary öwrenmeli bolýar. Ondan başga-da okatmagyň radial düzümi turuwbaşdan okuwçylarda ýeterlik ýokary matematiki taýýarlygy talap edýär. Munuň ýaly ýokary matematiki taýýarlyk bolsa, fizikany ilkinji geçilýän okuw ýylynda okuwçylarda ýokdur.

**2. Konsentrik düzüm.** Fizika dersiniň materiallarynyň bu düzüm boýunça paýlanylyşy okuwçylaryň akyl paýhaslarynyň we mümkinçiliklerini endigan ösdürmek talabyna laýyk gelmeýän, okatmagyň radial düzüminiň garşysyna taryhy dörändir. Okuw materialynyň konsentrik paýlanylyşynda fizikanyň her bir bölümi mekdepde iki gezek öwrenilýär. Ýagny okuw materialy bäs-bütünleýin iki topara (konsentra) bölünýär. Birinji topar okuw materialynyň bäs-bütünligi-



ne diýen ýaly öz içine alyp, hemme sistemalaryny başlangyç sada maglumatlar sistemasyna öwrülýär. Ikinji topar birinji bilen deňeşdirilende fizikanyň nazaryýetini we matematiki tilsimlerini has giň ulanyp, umumylaşdyrylyp we abstraksiýalaşdyrylyp okadylýar.

Konsentrik sistemanyň položitel tarapy öwretmeklikde kynçylygyň artmagy ýuwaş-ýuwaşdan okuwçylaryň akylynyň we mümkinçiliginiň kämilleşmegi bilen bilelikde bolup geçmegidir.

Onuň ýetmezçiligi okuw materialynyň gaýtalanmagy okuwçylarda kesgitli derejede aşa zähmet çekmekligi talap edýär. Galyberse-de ozal öwrenilen materiala gaýtadan dolanyp gelmeklik okuwçylara otrisatel psihologik täsir edýär we gaýtalanýlan materiallara okuwçylarda gyzyklanma höwesini gaçýar.

**3. Basgançakly düzüm.** Bu düzüm radial strukturadan okuw materiallarynyň sistemalaýyn beýan edilýişini, konsentrik düzümden bolsa, okuwçylaryň ýaş aýratynlyklaryny hasaba alynmagyny ýagny iki sistemanyň hem položitel hasaplanylýan tarapyňy özünde jemleýär. Basgançakly strukturada fizika dersiniň hemme okuw materially bir bütewi iki basgançakda okadylýan sistemany düzýär. Bu sistemada okuw materialyny, takmynan iki topara bölüp, onuň ýönekeý bölegi birinji basgançakda geçilýär. Bu basgançakda geçilen maglumatlar okuwçylar tarapyndan öwrenilen hasaplanyp, okuwyň II basgançagynda oňa dolanylmaýar. Diýmek, basgançakly sistemada şol bir okuw materialy iki gezek gaýtalanmaýar. Meselem, gidrostatikanyň elementlerine I basgançakda seredilip, soňra bu materiallara ýokary synpda, ýagny öwretmekligiň ikinji basgançagynda dolanyp gelinmeýär.

Russiýada okuw materiallarynyň basgançakly ýerleşdirilmegini 1910-njy ýylda Singer ulanypdyr. Häzirki wagtda Türkmenistanyň umumy bilim berýän orta mekdeplerinde ýerli awtorlar tarapyndan fizikadan taýýarlanan okuw kitaplary şol prinsipde ýazylmagy göz önünde tutulandyr.

Okuw materiallarynyň ýerleşdirilişiniň ýokarda seredilip geçilen üç düzüminden basgançakly sistema has amatly hasaplanylýar. Ol bütin dersiň ýokary ylmylygyny we politehniki derejesini, onuň praktiki gönükdirilmegini, fizikany öwrenmekde beýleki okuw dersleri bilen

arabaglanyşygyny üpjün edýär. Bu sistemanyň birinji basgançagy orta mekdep ýaşly çagalaryň fizika we tehnika bolan döredijilikli gyzyklanmaklaryny üpjün edýär.

### **1.2.5. Umumybilim berýän mekdeplerde fizika dersiniň mazmuny**

Mekdep okuwçylary fizika boýunça başlangyç bilimi tebigaty öwrenmek okuw dersinde alýarlar. Türkmenistanyň umumybilim berýän mekdeplerinde fizika okuw dersi okuwuň I basgançagynda öwredilip başlanylýar we ol üç ýyl dowam edýär. Bu döwürde okuwçylar mehanika, ýylylyk, elektrik we magnit, ýagtylyk hadysalary we olara degişli fiziki kanunlar boýunça başlangyç düşünje alýarlar. Bu bölümde okuw materialy didaktikanyň ýönekeýden çylşyrymla ösüp geçme prinsipi boýunça gurulýar. Bölümde esasy ünsi fizikanyň gözegçilik, tebigatda, daş-töwerekde bolup geçýän hadysalary düşündirmeklige berilýär. Bu ýerde fizikanyň nazary meselelerine seredilmeýär, ýöne alnan bilimler meseleleri çözmekde, frontal tejribe işlerini ýerine ýetirmekde ulanylýar.

Fizikadan okuw materiallarynyň onuň maksatnamasynda mazmuny görkezilen.

Türkmenistanyň Bilim hakyndaky Kanunyna laýyklykda umumybilim berýän, ynsançylyk, takyk we tebigi ugurlar boýunça ýöriteleşdirilen synply mekdepler döredildi.

### **1.2.6. Okuw dersleriniň arasyndaky baglanyşyk**

Mekdep dersleriniň arabaglanyşygy kesgitli pedagogiki mana eýedir. Ol okuw dersleriniň haysy hem bolsa biriniň beýlekä agalyk edijilik roluny görkezmekden ybarat bolman, eýsem, okuwçylaryň oýlanmaklarynyň garmoniki ösüşini üpjün edýän, olaryň arasyndaky köptaraply baglanyşygy ösdürmekden ybaratdyr. Okuw dersleri arasyndaky baglanyşyk tebigatda bolup geçýän hadysalary okuwçylaryň doly göz önüne getirmeklerini we olaryň bilimleriniň çuňňur, täsirli bolmagyny üpjün etmäge gönükdirilendir. Meselem, tebigat-

da bolup geçýän dürli yrgyldylaryň dinamikasyny düşündirmek üçin matematika sapagynda okuwçylaryň trigonometrik funksiýalar barada alan maglumatlary ulanylýar. Okuwçylar agzalan temalar boýunça meseleleri çözüp, alan bilimlerini amaly işlerde ulanmaklygy öwrenýärler. Olar XIX asyrdaky ýylylyk hadysalarynyň alymlar tarapyndan uly depginde öwrenilmeginiň sebäplerini şol döwrüň senagat rewolýusiýasy barada özläriniň taryh sapagynda eşiden maglumatlaryna daýanyp jogap berýärler. Elektroliz kanunyny beýan etmek üçin himiýa kursy boýunça elektrolitik dissosiasiýanyň nazaryýetini we walentlilik hakyndaky düşüňjani ulanylýar. Fizika sapagynda bolsa alnan bilimleri elektrotehnika, himiýa, biologiýa, matematika, zähmet we başga sapaklarda ulanylýar.

Okuw dersleriniň arasyndaky baglanyşyk aýry-aýry ylymlaryň arasyndaky baglanyşygy we şonuň ýaly hem olar bilen tehnikaýyň, senagatyň tehnologiýasy, adamlaryň praktiki işi arasyndaky obýektiw şekilidir. Okuw dersleriniň arasyndaky baglanyşygy sistematlaýyn durmuşa geçirmeklik ylmyň dürli pudaklarynyň arasyndaky çürt-kesik araçägiň ýokdugyny, olaryň biri-birinden üzňe dældigini, eýsem, olaryň her biriniň material dünýäni öz usullary, usulyýetleri boýunça öz tarapyndan öwrenýändigini okuwçylara düşündirýär. Alnan bilimleriň hemmesi bilelikde biziň umumy dünýä garaýşymyzy dördedýär.

Okuw dersleriniň arasynda wagty (hronologiki) we düşüňjeli (ideýaly) baglanyşyk tapawutlandyrylýar. Bularyň birinjisi dürli dersleriň maksatnamalarynyň wagty boýunça geçirilişini, ikinjisi bolsa, umumy metodologik ýagdaýlaryň esasynda ylmy düşüňjeleriň birmeňzeş teswirlenmelidigini aňladýar.

Dürli okuw dersleriň bölümleriniň we temalarynyň geçilýän wagty boýunça birmeňzeş ýagdy ylaşykda bolmaklaryny olaryň maksatnamalarynyň düzülişi bilen üpjün edilýär. Meselem, tebigatyň dürli yrgyldyly prosesleri, matematika dersi boýunça okuwçylaryň trigonometrik funksiýany öwrenenlerinden soňra bilelikde seredilýär. Şonuň ýaly-da okuwçylary organiki däl himiýany fizika dersi boýunça maddalaryň molekulýar-kinetik teoriýasynyň elementleri bilen tanyşmazdan öňürti öwrenýärler. Mahlasly aýdylanda dürli

okuw dersleri arasyndaky wagt boýunça okuw maksatnamalarynyň özara ylalaşygy amala aşyrylýar. Bu bolsa fizika dersi öwrenilende beýleki ugurlar boýunça eýýäm öwrenilen maglumatlary ulanmaga we giňeltmäge ýardam berýär.

Dürli okuw derslerinde ulanylýan şol bir ylmy düşüňjeler ýeke-täk, birmeňzeş düşündirilmelidir. Diňe bir sapak düşündirmekde däl, eýsem, ony özleşdirilende hem umumy ýeke-täk usulyýet talap edilmegi zerurdyr. Okuw dersleriniň arasyndaky özara baglanyşyk şol bir okuw materialynyň dürli derslerde gaýtalanmagynyň önüni alýar. Munuň üçin bolsa, mugallymlaryň özara ýakyn, «garyndaş» okuw dersleriň maksatnamalaryny galyberse-de, olaryň umumy mazmunyny bilmelidirler. Sapaklaýyn, temalaýyn meýilnamasy düzülende okuwçylaryň diňe bu okuw dersi boýunça öňki taýýarlyklaryny göz önünde tutmak bilen çäklenmän, eýsem, himiýa, matematika we beýleki degişli okuw dersleri boýunça okuwçylaryň taýýarlygyny göz önünde tutmaly. Her bir anyk tema beýleki baglanyşykly okuw dersleriniň maksatnamalaryndaky geçirilýän wagty bilen ylalaşykly bolmaly.

Okuw dersleri arasyndaky baglanyşygy kämilleşdirmek meseleleri mugallymlaryň usulyýet birleşmelerinde yzygiderli ara alnyp maslahatlaşylmalydyr.

### **Fizika we matematika okuw dersleriniň özara baglanyşygy**

Fizika hadysalaryň gözlegleriniň in esasy usulyýetleriniň matematiki usulyýet bolmaklygy bu iki okuw dersiniň özara baglanyşygynyň çuň ideýalylygyny görkezýär. Fizika bilen matematikanyň okuw dersleri arasyndaky baglanyşygy wagt boýunça yzygider üpjün etmek ýeterlik derejede çylşyrymly. Sebäbi, her bir okuw dersi üçin onuň okuw materialynyň kesgitli ýzygider bolmagyny üpjün edýän ylmy logika saklanylmalydyr.

Fizikany öwretmegiň usulyýetiniň önän köp soraglaryny diňe matematikanyň funksional baglanyşyk, önüm, in kiçi we ýakynlaşan sanlar bilen amal düşüňjelerini öwrenmek esasynda baglanyşykly çözüp bolýar.

Mekdepde matematika boýunça ulanylýan okuw maksatnamalary fizikany öwrenmekde okuwçylaryň matematikada ele alan bilimini ulanmaklyga uly mümkinçilik döredýär. Muňa garamazdan fizika mugallymy matematikanyň mekdep dersiniň mazmuny bilen ýakyndan tanyş bolmalydyr. Eger fizika mugallymy öz okadýan synplarynda fizika bilen bir hatarda matematika sapagyny hem okatsa, onda bu dersler arasyndaky baglanyşyk, ylalaşyk has hem sazlaşykly alnyp barylýar we sapakda düşündirmäniň ýeke-täk adalgalary dili üpjün ediler. Umumybilim berýän orta mekdepleriň I basgançagynda algebra dersiniň esasy merkezi meseleleri funksiýa düşüňjesi bolup,  $y=f(x)$  görnüşdäki şertli ýazgy girizilýär we funksiýanyň tablisa, grafik we aňlatma görnüşindäki belenilişiniň dürlüligi görkezilýär. Soňra çyzykly funksiýa, onuň grafigi we burç koeffisiýenti ýaly düşüňjeler ösdürilýär. Şonuň üçin hem fizikany öwretmegiň birinji sapaklarynda harplar bilen fiziki ululyklaryň şertli belenilişini okuwçylara düşündirmek zerurýeti öz-özünden ýitýär. Oňa derek indi okuwçylaryň bilimini funksional baglanyşyk, funksiýanyň grafiginin guralyşy, wektoryň goşulyşy we ş.m. düşüňjeleri ulanmak mümkinçiligi döredýär. Funksional baglanyşyklary koordinatlar torlarynda geometrik obrazlar görnüşinde görkezmeklik dürlü real hadysalaryň dinamikasyny we dürlü fiziki ululyklaryň özara baglanyşygyny görkezýär.

Häzirki wagtda mekdep mehanikasynda wektorlar we koordinatlar usulyýeti giňden ulanylýar. Deňlemeleriň wektor görnüşi onuň degişli çyzyklar bilen ylalaşykda meselelerde fiziki haly we onuň üstünlikli çözügüni kesgitleýär. Fizikany öwretmegiň başynda wektorlary ulanmak mümkinçiliginiň didaktiki çäklendirilmeleriniň bardygyny unutmak bolmaz. *U. Tomson bu babatda «wektorlar hat ýazylyan heki aýap, adam paýhasyny – akylyny harç edýärler»* diýip belläpdir. Rus akademigi A.N. Krylow bolsa, *wektor hasaplanylyşynyň ulanylmagy başlangyç mekdepde çagalara arassa ýazuw bilen bilelikde stenografiýany öwreden ýalydyr»* diýip belläpdir.

Önüm düşüňjäniň ulanylmagyna esaslanyp, puržinden asylan ýüküň we matematiki maýatnigiň yrgyldylary (olaryň uly bolmadyk garşylyklarynda) garmoniki diýip subut edilýär. Energiýanyň saklanma kanunynyň esasynda, önüm hakyndaky düşüňjäni erkin

elektromagnit yrgyldylarynyň deňlemesini we magnit meýdanynda deňölçeqli aýlanma hereketi ýerine ýetirýän tegekde induktirlenýän EHG-niň aňlatmasyny getirip çykarmak, induktiw we sygym garşylyklaryny hasaplamak we başga zerurlyklar üçin ulanylýar. Mysal hökmünde, ideal yrgyldyly geçiriji konturyň ( $R \rightarrow 0$ ) erkin yrgyldylarynyň periodynyň aňlatmasyny önüm düşünjesini ulanyp getirip çykaralyň:

Geçiriji konturyň doly energiýasy:

$$W = \frac{LI^2}{2} + \frac{q^2}{2C} = \text{hemişelik},$$

bu ýerde  $L$  – geçiriji konturyň induktiwligi,  $I$  – ondaky tok güýjüniň pursatlaýyn bahasy,  $q$  – kondensatoryň haýsy hem bolsa bir tekizçesindäki zarýadynyň mukdary,  $C$  – kondensatoryň sygymy. Ýokarky aňlatmadaky  $W$  funksiýadan wagt boýunça önüm alyp taparys:

$$W' = \left( \frac{LI^2}{2} \right)' + \left( \frac{q^2}{2C} \right)'.$$

Şerte görä  $W = \text{hemişelik}$  bolany üçin onuň wagt boýunça önümi  $W' = 0$ ; Onda  $LI' = -q/C$ ; Tok güýjüniň üýtgeýiş tizligi bolsa,  $I' = q''$  ( $I = q/t = q'$ , onda  $I' = (q')' = q''$ ). Ýa-da ýokardaky deňlikden  $I' = -q_k/(LC)$  ýa-da  $q'' = -q/(LC)$ ;

Mehaniki ( $x'' = -\omega_0^2 x$ ) we elektromagnit ( $q'' = -q/(LC)$ ) yrgyldylaryň barabarlygyndan  $\omega_0 = 1/\sqrt{LG}$  ykrar edýäris. Bu aňlatmada  $\omega_0 = 2\pi/T$  aýlaw ýygylýk. Diýmek,  $2\pi/T = 1/\sqrt{LG}$  ýa-da

$$T = 2\pi\sqrt{LC}.$$

Bu deňlik Tomsonyň aňlatmasydyr. Fizika okuw dersiniň köp hatlarynda  $y = f(x)$  önüm funksiýany  $dy/dx$  görnüşinde bellenilýär. Me-selem,  $v_x = dx/dt$ ;  $a_x = dv_x/dt$ ;  $I = dq/dt$  bu görnüş ýazgynyň fiziki manysyny aňladýar.

Ýokarda getirilenlerden görnüşi ýaly, fizika bilen matematikanyň wagt we mazmunly baglanyşygy zerurdyr.

## **Fizika we himiýa okiw dersleriniň arasyndaky baglanyşyk**

*Bu baglanyşyk örän jebis bolup, olaryň okuw materiallarynyň arasynda wagt boýunça kadalaşdyrmak juda çylşyrymlydyr. Meselem, D.I. Mendeleyewiň periodiki kanunynyň manysy fizika sapa-gynda jisimleriň elektriklenmekleri öwrenilip başlanylanda atomlaryň gurluşyna ýüzlenilmegi bilen açylýar. Orta mekdeplerde himiýa dersi I basgançakda geçilip başlanylýar. Şonuň üçin hem fizika bilen himiýanyň okuw dersleriniň özara baglanyşygynda hadysalaryň düşündirilişiniň yzygiderliligi we olaryň birmeňzeş ylmy esasyda bolmaklary maddalaryň strukturasy hakyndaky maglumatlaryň endigan giňeldilmegi zerurdyr.*

Fizika we himiýa dersleriniň ikisinde-de umumy meňzeş kanunlar we ululyklar ýeterlik derejede bar. Şol sebäbe görä-de, himiýanyň haýsy soraglarynyň fizika sapaklaryna degişlidigi, haýsy soraglarynyň bolsa, himiýa sapaklarynda geçirilmeli diýen sorag ýuze çykýar. Bu babatda atom baradaky okuw materialy soraglaryň iki toparyna bölmeklik maksada laýyk hasaplanylýar.

Atomyň elektron gabygynyň gurluşy we häsiýetleri bilen baglanyşykly diňe atomyň ýagtylygy siňdirmek we şöhlendirmek proseslerinden özgeleri himiýa okuw dersinde degişli hasaplanyl-maly.

Elektron gabyklaryň doldurylyşy, atom ýadrosynyň düzümi we olaryň radioaktiwligini hem öz içine alýan häsiýetlerini fizika okuw dersine degişli hasaplamaly. Şunlukda, bu toparlara degişli hasaplan-an soraglaryň her birini özünüň degişli hasaplanylýan okuw dersinde öwretmelidir.

Ýokarda bellenilişi ýaly, özara baglanyşykly dersler arasynda adalgalar, degişli ululyklar, kanunlar, kesgitlemeler şol bir gör-nüşde we ylmy esasyda açylyp görkezilmelidir. Eger bu talaplar ber-jay edilmese, onda mekdep okuwçylarynyň bu derslere düşünmegi kynlaşar.

### 1.3. FIZIKANY ÖWRETMEGIŇ USULYÝETINIŇ GÖRNÜŞLERI

#### 1.3.1. Fizikany öwretmek usulyýetiniň esasy toparlary

Öwretmegiň usulyýeti giň meýilde hemme okuw derslerine degişli bolup, ol didaktikanyň barlag dersini düzýär. *Ol pedagogikanyň bir bölümi bolup, bilim we terbiýe bermekligiň nazaryýetini öwredýär.* Öwretmegiň usulyýetine şol sanda fizikany öwretmegiň usulyýetine hem didaktika tarapyndan eýýäm barlanan, ýa-da beýleki ylymlardaky ylmy usulyýetleri we olaryň mazmunlarynyň aýratynlyklaryny hasaba alýan öwretmegiň umumy usulyýetlerini ulanmagy işläp düzmek girýär.

Häzirki zaman biziň mekdeplerimizde pedagogikanyň nazaryýeti we amaly işleri boýunça okuw – terbiýeçilik işleri mugallymyň öwredijilik ukyby bilen okuwçylaryň öwrenijilik ukypalarynyň iki taraplaýyn dialektiki biri-birine kybapdaş bolup, öwrenmegiň ösüşine ýardam beriji hökmünde seredilýär. Şonuň üçin hem öwretmegiň islendik usullary okuwçylaryň aň etmekliklerini we bilimiň esasy mazmunyny öwrenmegi üpjün edýän olaryň amaly işlerini guramaklyga gönükdirilen mugallymyň maksada okgunly hereketleriniň sistemasy hökmünde göz önüne getirilýär. *Başgaça aýdylanda: mugallym bilen okuwçylaryň özara baglanyşykly işlemeginde öwretmäge we öwrenmäge gönükdirilen hem-de bellibir tertipde berjaý edilýän işleriň guralyş aýratynlyklaryna öwretmek usulyýeti diýilýär.*

Fizikany öwretmegiň maddy esasynyň we serişdeleriniň sanlarynyň artmagy bilen bir hatarda elektronikanyň gazananlarynyň öwretmegiň serişdeleri hökmünde okuw işine girizilmegi, öwretmek usulyýetiniň taryhy ösüşinde oňa berlen birnäçe kesgitlemeleri has-da çylşyrymlaşdyrdy.

Biz bu usulyýetleriň aşakdakylaryna seredeliň:

dilden beýan etmek; görkezip beýan etmek; amaly iş geçirmek.



### 1.3.2. Dilden beýan etmek usulyýeti

Bu usulyýet ulanylanda mugallymyň esasy wezipesi demonstrasiýalary geçirmek, grafikleri çyzmak we analiz etmek, tablisalardan peýdalanmak, mesele çözmek bilen birlikde özüniň emosional güýjüni jemläp, okuw materialyny dilden beýan etmekden ybaratdyr. Bu usulyýet ulanylanda okuwçylar, esasan, diňlemek we okuw materiallarynyň esasy ýerlerini bellemek, gözegçilik etmek bilen meşgul bolýarlar.

*Dilden beýan etmek, esasan, üç topara (mekdep leksiýalary, düşündirmek we gürrüň geçirmek) bölünýär:*

**1. Mekdep leksiýalary. (leksiya (latynça – lectio – okamak) – ýokary we orta mekdeplerde peýdalanylýp, okuw materialynyň dilden beýan edilmegidir.** Ol ýokary synplarda agdyklaýyn peýdalanylýar. *Bu usulyň esasy aýratynlygy onuň dowamlylygy (takmynan, 45 minuta çenli), logiki taýdan yzygiderliligi, düşündirmekde ýokary ylmy-nazary talaplaryň berjaý edilýändigini bilen häsiýetlendirilýär.* Mekdep leksiýalary, köplenç, täze bölüm geçilmäge başlanylanda ýa-da jemleýji sapaklarda peýdalanylýar. Mekdep leksiýalaryndan fizikany öwretmegiň I basgançagynda hem kem-käseýin peýdalanmak bolar. Ýöne ol dowamly bolmaly däldir. Okuwçylaryň leksiya diňläp bilijilik ukyplaryny kem- kemden ýokarlandyrmagy göz önünde tutmak möhümdir. Leksiýany geçirmek usulynyň maksatnamalaýyn we yzygider ulanylmagy okuwçylaryň özbaşdaklygynyň, diňlemek, ýazgylary gysgaça bellemek ukyplarynyň barha ösmegine ýardam berýär.

**2. Düşündirmek usulyýeti.** Okuw materialyny düýpli düşündirmek, ündelýän pikiri esaslandyrmak ýa-da subut etmek zerur bolanda ulanylýar. Alymlaryň ömri we döredijiligi, kanunlaryň açylyşy, aýratyn wajyp fiziki abzallaryň döredilişi we ulanylyşy öwrenilende hem bu usulyýetden peýdalanylýar. *Bu usulyň aýratynlygy mugallymyň çeper, obrazly düşündirmegi guraýşy we düşündirilişini dialog bilen bölünýändigini, onuň dowamlylygynyň bolsa, 10–15 minutdan artyk bolmaýandygyny bilen häsiýetlendirilýär. Bu usuldan ähli synplarda peýdalanylýar.* Şunlukda, okuwçylar pikir ýöretmek, sudut etmek, netije çykarmak ýaly logiki operasiýalar bilen iş salyşýarlar.

Bu bolsa okuwçylaryň özbaşdaklygynyň we logiki oýlanmak ukyp-larynyň barha kämilleşmegine kömek eder.

**3. Gürrüň geçirmek usulyýeti.** Bu usulyýet täze okuw mate-riallaryny öwretmek, olary berkitmek, gaýtalamak we jemlemek ýaly maksatlar bilen dürli synplarda ulanylýar. Bu usul fizikany öwretmegiň birinji basgançagynda agdyklaýyn ulanylýar. *Onuň esasy aýratynlygy okuw materialynyň sorag-jogap alyşmak (dialog) arkaly öwredilýändigini bilen häsiýetlendirilýär.* Şonda okuwçylaryň öňki bilimine has-da köp daýanylýar. Gürrüň geçirmek usulyýeti sa-pakda okuwçylaryň işjeňligini ýokarlandyrmakda, okuw materialyny sistemalaşdyrmakda aýratyn hem ähmiýetlidir. Bu usuldan peýdala-nylanda uly bolmadyk okuw problemalarynyň çözgüdini tapmaklyga okuwçylaryň hemmesi işjeň çekilýär we köpçülikleýin bellibir netijä gelinýär. Öwredilýän okuw materialyndaky fiziki kanuna laýykly-lygy göýä okuwçylaryň özlari «açýan» ýaly bolýar.

*Dilden beýan etmek usulyýetleri ulanylanda käbir didaktiki talaplaryň ýerine ýetirilmegi zerurdyr:*

– dilden beýan etmek usulyýetiniň islendigi okuw-görkezme es-baplaryny ulanmak, görkezme tejribelerden peýdalanmak, ýaly işler bilen utgaşykly alnyp barylýar;

– mugallymyň dilden beýan edişiniň depgini görkezýän tejr-i-be işinde bolup geçýän üýtgeşmeler, yzygiderlikler bilen hem-de okuwçylaryň düşüniş depgini bilen sazlaşykly bolmalydyr. Sapak ge-çilende ony okuwçylaryň düşünmesi kyn bolan pursatlarynda dilden beýan etmek usulyýetine girýän, ýokarda agzalan usulyýetleriň hem-mesinden hem peýdalanyp bolar;

– mugallymyň sözi çeper, dili aýdyň we edebi bolmalydyr. Onuň hereketi, sesiniň belentliginiň üýtgeýşi ündelýän pikiriň möhümdigini nygtamalydyr. Täze adalgalar we kesgitlemeler öwrenilende sesiniň äheňiniň üýtgeýşi, käbir sözlere basym berşi sözlem düzüşiniň we sözleşişiniň äheňi okuw materiallarynyň iň möhüm ýerlerini saýlap bilmeklerine okuwçylara ýardam etmelidir;

– mugallym synp köpçüligi bilen wagtyň islendik pursadynda gatnaşykda bolmalydyr. Okuw materialy düşündirilende, tejribe ge-çirýän ýa-da synp tagtasyndan peýdalanýan wagty okuwçylara gözeg-çilik etmegi ünsden düşürmeli dälidir.

### 1.3.3. Görkezip beýan etmek usulyýeti

Bu usulyýetde öwretmegiň esasy bilim çeşmesi hökmünde sapakda geçirilýän tejribeler, demonstrasiýalar, plakatlar we ş.m.-ler öňe saýlanýar. Bu usul ulanylanda mugallymyň roly okuwçylaryň ünsüni görkezilýän hadysalaryň yzygiderligine we onuň fiziki esasy-na syrykdyrylmalydygyny düşündirmäge çalyşmaly. Bu usulyýet boýunça sapak geçirilende okuwçylar görkezilýän fiziki hadysalara gözegçilik etmek, bolup geýýän üýtgeşik prosesleri deňeşdirmek, netije çykarmak we ş.m. işleri ýerine ýetirýärler. *Bu usul boýunça öwredilende okuwçylaryň özbaşdak bilim almak ukyplary, syn ediligi ýokarlanýar, olaryň görüp ýatda saklamak ukyplary (görüş ýady) artýar.* Görkezip beýan etmek (öwretmek) usulyýeti, esasan: görkezme esbaplardan peýdalanmak; eksperimentleri geçirmek; öwretmekligiň tehniki serişdelerinden (ÖTS) peýdalanmak, ýaly üç topara bölünýär:

**1. Görkezme esbaplardan peýdalanmak.** *Görkezme esbaplara grafiker, tablisalar we modeller, maketler, fiziki abzallaryň aslynusgalary we ş.m.-ler girýärler.* Bu topara fiziki otagdaky toplanan gurallar, enjamlar, ýagny kondensatorlaryň, rezistorlaryň, terezileriň, ölçeýji abzallaryň we ş.m.-leriň dürli görnüşleri girýärler.

Görkezme esbaplardan peýdalanmak okuwçylara gürrüň edilýän zat barada takyk düşüňjeleri almaklyga ýardam berýär. Bu ýerde plakatlar hökmünde ýörite taýýarlanan çyzgylardan peýdalanmak, mugallymyň wagtyň tygşytlaýar. Umuman olary öwretmekligiň II basgançagynda ulanmak maslahat berilýär.

**2. Görkezme tejribelerinden (demonstrasion eksperimentlerden) peýdalanmak.** Fiziki görkezme tejribeleri seredilýän prosesleriň geçiş dinamikasyny synpda görkezmek bolup, ol gözegçilik ýatkeşligini artdyrmaklyga, hadysanyň fiziki mazmunyna düşüňmeklige, tejribe esasyda alnan kanunalaýyklyklaryň açylyş taryhlaryny öwrenmeklige, galyberse-de, fiziki ylmy barlaglaryň geçirilişine girişmekligi ündemeklige ýardam berýär. Gözegçilik etmeklik, tejribeleri takyk guramagyň tilsimlerini öwrenmek esasan hem ýokary synplarda okuwçylaryň ylmy işlere gyzyklanmasyny döredýär.

### **3. Öwretmegiň tehniki serişdelerinden (ÖTS) peýdalanmak.**

*Bulara diaproyektorlar, letiler wideo we audio magnetofonlar, telewizorlar, kompýuterler, inter aktiw tagta we mugallymyň okuwy has çüň manyly alyp barmaklygyna ýardam berýän beýleki fiziki, elektron serişdeleri girýärler. ÖTS-leri sapakda ulanmaklyk sapagyň gyzykly, aýdyň bolmagyny synpda gözegçilik etmek kyn bolan tejribeleri okuwçylara görkezip düşündirmek mümkinçiligini döredýär.*

#### **1.3.4. Amaly (praktiki) iş geçirmek usulyýeti**

Bu usulyýete laboratoriya işleri geçirmek, meseleler çözmek, didaktiki materiallar, gollanmalar, okuw kitaplary, ylmy populýar žurnallar bilen işlemegi guramak çäreleri girýär. Bu usulyýet köplenç, bölümler ýa-da temalar geçilip gutarylandan soňra olary okuwçylaryň kömegi bilen gaýtalamak prosesinde ulanylýar. Diýmek, bu usulyýet nazary öwrenilenleri berkitmek, olary amaly işlerde ulanmak üçin peýdalanylýar. Bu prosesde mugallym maslahat beriji, okuwçylary maksada gönükdiriji, işleriň ýerine ýetiriliş tertibini barlaýjy we edilen işlerden netije çykarmakda okuwçylara düşündiriş berijiniň roluny oýnaýar. Amaly işleriň käbir görnüşleri geçirilende okuwçylar kompýuterlerden peýdalanmak maksady bilen meseleleriň maksatnamalaryny, algoritmlerini düzmelidirler we olardan peýdalanmalydyrlar.

Agzalan usulyýetleriň hemmesi sapagyň bütin dowamynda okuwçylaryň işjeň işlemeklerine mümkinçilik döredýär. Gürrüň geçirmek usulyýeti ulanylanda mugallym okuwçylary tapmaçaly (ewristik) söhbetdeşlige, okuw problemalaryny çözmekde olaryň gysgajyk habarlar we dokladlar bilen çykyş etmegine ýardam berýär. Görkezip beýan etmek usulyýetinden peýdalanylanda mugallym okuwçylardan tejribäniň meýilnamasyny, gurluşlaryň çyzgysyny iş ýüzünde düzmekligi, tejribäniň kesgitli görnüsini ýerine ýetirmeklerini we ş.m.-leri talap edýär. Amaly usulyýet ulanylanda okuwçylary fiziki ylmy-barlag häsiýetli meselelere, döredijilik ýumuşlaryna çekilýär. Okuwçylaryň bilesigelijilik ukyplarynyň has işjeňleşmegi mugallymyň olary höweslendirip bilijilik ukybyna baglydygyny unutmak bolmaz. Amaly işlerde ulanylýan usulyýetleriň hemmeje-

si okuwçylaryň aň edip bilijilik ukybyny artdyrmaklyga, olarda üns berijilik, erk, gyzyklanma, zähmetsöýerlilik we beýleki peýdaly endikleri terbiýelemäge we özbaşdak öwrenmekligiň tilsimlerini işläp düzmeklerine ýardam bermäge gönükdirilen. Bu babatda öwretmegiň usulyýetleri özleriniň esasy wezipesi bolan bilim bermekden daşgary okuwçylaryň köp taraply ösüşine we tebiýesiniň kämilleşmegine hyzmat edýär.

Agzalan usulyýetleriň hiç birisi hem hemme okuw meselelerini çözüp bilmeýär. Ýagny olaryň hiç birini-de hem aýratynlykda hemme taraplaýyn (uniwersal) hasaplap bolmaz. Fizika dersi boýunça okuw-terbiýeçilik işleriniň täsirli şerti sapagyň maksadyna, okuwçylaryň ýaş aýratynlygyna we başga faktlara görä öwretmegiň dürli usulyýetlerini ulanmak bilen döredilýär. Düzgün boýunça, öwretmegiň amaly işlerinde usulyýetleriň hiç birisi hem «arassa görnüşde» ulanylmaýar. Dilden beýan etmek usulyýeti tejribeleriň görkezilişi we görkezme esbaplary bilen amaly sapak (mesele çözmek) bolsa, düşündiriş we grafikleri gurmak bilen utgaşykly alnyp barylýar. Okuw materiallarynyň mazmunyna, okuwçylaryň ýaş aýratynlyklaryna baglylykda şol bir usulyýet dürli görnüşde we dürli çylşyrymlylykda peýdalanylýar. Mysal üçin, dilden beýan etmeklik synpdan synpa çylşyrymlaşdyrylýar. Mugallymyň ýolbaşçylygynda laboratoriya işleri hemmeler bilen birmenzeş (frontal) geçirilýär. Soňky laboratoriya işlerini bolsa, okuwçylar ýazgy boýunça özbaşdak geçirýärler. Ýokary II basgançakdaky okuwçylar köpçüligi berlen ýumuş boýunça özbaşdak, praktikumlar geçirýärler.

### **1.3.5. Fizikany öwretmekde kompýuterden peýdalanmak**

Fizikany programmalaýyn öwretmekde kompýuter sistemaly synplardan peýdalanmagyň göz önünde tutulan okuwyň maksadyna görä onuň barlaýjy, barlaýjy – öwrediji görnüşleri bar. Programmalaýyn öwrediliş usullarynda başda okuwçylar bilen öwrediji, soňra bolsa öwrediji–barlaýjy programmalar bilen işlemek amatlydyr. Öwrediji programmalar öwretmek maksat edilýän materialyň uly bolmadyk böleginiň düşündirilişinden ybaratdyr. Materialyň bu bölegine

zerur bolan formulalary, grafikleri, çyzgylary girizip bolýar. Öwrediji-barlaýjy programmalar da öwredilýän materialyň soňunda onuň bilen programmalaýyn baglanyşykda, emma okuwçylaryň öwrediji programma gös-göni çykalgasy bolmadyk onuň barlaýjy bölümi berilýär. Bu birinji bölümde öwredilen okuw materiallaryny öz içine alýan birnäçe gysgajyk sowallardan ybarat bolup, her bir goýlan sowala 3–5 dürli jogap ýazylýar. Bu jogaplaryň birisi dogry, galanlary bolsa doly bolmadyk ýa-da nädogry bolmalydyr. Personal kompýuterler öň programma girizilen dogry jogap bilen okuwçynyň beren jogabyny deňeşdirip, netije çykarýar. Barlaýjy programmalaryň aýratynlygy okuwçy materialyň, programmasynyň düzümine baglylykda, takmyn, 80%-ni özleşdirip dogry jogap bermese, okuwçyny programmanyň indiki bölümleri bilen işlemekden kesýär. Bu babatda programmalaýyn okuw usulyýetinde adaty okadylyş usulyýetindäki ýaly «showly sorag» gabat gelip, okuw materialyny doly özleşdirilmedikligine garamazdan onuň üstünden böküp geçmek mümkinçiligi düýpgöter ýok edilýär. Galyberse-de, okuwçylaryň mugallymyň boş wagtny gözläp ýörmek zerurlygy ýitýär. Okuwçy kompýuter bilen iki çäk işläp, berlen jogap, onuň familiýasy we ady bilen bilelikde kompýuteriň magnit ýadynda saklanyp galýar. Mugallym bolsa okuwçy bilen baglanyşyksyz islendik wagty kompýuteriň magnit ýadyny barlap, okuwçylaryň özbaşdak işleri barada netije çykarýar.

### **1.3.6. Orta mekdepleriň fizika dersiniň okuw maksatnamalary we kitaplary**

**Okuw maksatnamasy** mugallymyň esasy dokumenti bolup, ol her bir okuw dersiniň göwrümini we mazmunyny kesgitleýär. Okuw maksatnamasy döwlet dokumenti bolmak bilen ol hemme okuwçylara bir derejede bilim bermekligi üpjün etmäge gönükdirilendir. Şonuň üçin ony ýerine ýetirmek hökmanydyr.

Mugallym üçin maksatnama ýol görkeziji funksiýany oýnaýar. Maksatnama boýunça düzülen meýilnama dersi takyk öwretmäge, saýlanan materiallary duýmaga, öwretmegiň usulyýetleriniň we formalarynyň has amatlysyny saýlap almaklyga mümkinçilik berýär.

Maksatnama ders boýunça okuw kitabyňy ýazmak üçin resminamadyr. Mekdep okuwçylary üçin okuw kitaby bilim çêşmesidir, ony berkitmegiň, okuwçylaryň endiklerini we başarnyklaryny döretmegiň serişdesidir.

Maksatnamanyň esasy ýazgysy okuw materialynyň mazmunyny kesgitlep, ol bölümleriň we temalaryň atlaryny olary öwrenmek üçin berlen sagat sanyny, özleşdirmeli soraglaryň sanawyny öz içine alýar. Her bir tema boýunça eýe bolmaly bilimleriň we başarnyklaryň sanawy, aslyýetinde fizikany öwretmegiň maksadynyň aýdyňlaşdyrylmagyny, okuwçylaryň bilimini nähili gutarnykly netijä getirmelidigini mugallyma aýan edýär.

Esasy soraglaryň sanawyna düşüňjeler, kanunlar, olaryň iş ýüzünde ulanylyşy, dünýägaraýyş bilimleri umumy ylym we aýratyn başarnyk hökmünde girýärler.

Häzirki döwürde ulanylýan 2007-nji ýylda tassyklanan okuw maksatnamasynda okuw dersleri arasyndaky baglanyşyga uly üns berlen. Bu bolsa, materiýanyň şol bir häsiýeti baradaky maglumatlaryň dürli okuw derslerinde gaýtalanmagynyň önüni alýar, fizikanyň dürli bölümlerini beýleki öwrenilýän okuw derslerini özleşdirmäge ýardam berýär. Ol aň etmegi çuňlaşdyrmak, giňeltmek, umumylaşdyrmak we netijede materiýa baradaky ylmy garaýyşy döretmeklikde gural bolup hyzmat edýär.

Maksatnamada her bir synpyň okuw materialynyň soňunda «Dersarabaglanyşyklar» bölümi bolup, ol diňe bir ön geçilen, ýa-da häzir geçilýän däl-de, eýsem, geljekde ýüze çykjak ders arabaglanyşyklaryny hem öz içine alýar. Meselem, orta mekdebiň ders arabaglanyşygynda elektromagnit yrgyldylary we tolkunlary öwrenilende mehaniki yrgyldylar we tolkunlar baradaky garmoniki funksiýalar, bu funksiýalardan önüm almagyň düzgünleri, ýylylyk energetik sistema baradaky maglumatlar peýdalanylýar.

Atom ýadro sy fizikanyň materiallary boýunça bilimler Mendeleýew tarapyndan açylan periodiki ulgamyň elementleri, izotoplar we atom ýadrolarynyň düzümi (himiýa I basgançak) baradaky, görkeziji funksiýanyň häsiýetleri (matematika II basgançak) baradaky, ionlaşdyryjy radiasiýanyň mutasiýalaýyn (täze biologiýa alamtalaryň peýda bolmaklary) täsirleri (biologiýa) baradaky, gurşawyň



içinden geçýän radiasiýa, radioaktiw zäherlenme we olardan goranmak serişdeleri, şöhlendirmäniň möçberi (dozasy), ionlaşdyryş kamerasynyň we gaz zarýadsyzlanma hasaplaýjysynyň işleýiş prinsipleri başlangyç harby taýýarlyk baradaky bilimleri peýdalanmak bilen döredilýär.

Infragyzył, ultramelewşe we görünyän ýagtylyklaryň janly organizmlere edýän biologik täsirleri (biologiýa) barada bilimleri ulanmak bilen ýagtylygyň täsiri öwrenilýär.

Maksatnama okuw prosesinde mugallymlara öwretmegiň dürli görnüşlerini we usulyýetlerini şol sanda umumylaşdyryjy äheňdäki seminar sapaklary, okuwyň hemme bölümlerinde okuwçylaryň özbaşdak işlerini ýaýbaňlandyrmagy ulanmagy, okuwçylara kitap bilen özbaşdak işlemegi öwretmegi maslahat berýär.

Fizikany öwretmegiň, ýagny ýokarda aýdylanlaryň amala aşmagynyň esasy manysy mekdepde okuw-terbiýeçilik işiniň esasy görnüşi bolan sapakdyr. Okuw materialynyň esasy bölegini okuwçylaryň sapakda özleşdirmelidigi maksatnamada görkezilýär. Bu bolsa, sapaklaryň strukturasynyň we onuň guramaçylyk usulyýetiniň kämil bolmagy bilen gazanylýar.

**Fizikany öwrenmekde demonstrasiýalaryň orny örän uludyr.** Muňa okuw maksatnamada ýeterlik derejede üns berilipdir. Onda iň azyndan hökmany ýerine ýetirilmegi zerur bolan demonstrasiýalar we frontal laboratoriýa işleriniň sanawy görkezilýär. Bu sanawa girýän käbir laboratoriýa işlerini we demonstrasiýalary mekdepde geçirmek mümkinçiligi bolmadyk halatlarynda degişli başga işler bilen çalşyrylmaga, işleri gysga wagtda ýerine ýetirmekden tygşytlanan wagtyň hasabyna işleriň sanyny artdyrmaklyga mugallyma hukuk berilýär. Fizika dersi öwredilende onuň birnäçe hadysalaryny we kanunlaryny fizika kabinetde bar bolan abzallaryň kömegi bilen demonstrasiýalary guramaga mümkinçilik tapylanok. Bu halatlarda mugallym kompýuter tejribe işleriniň ýazgysyndan peýdalanmalydyr.

Eger okuw materiallary meýilleşdirilen derejede özleşdirilen bolsa, onda öwretmeklik maksada laýyk hasaplanylýar. Okuwçylaryň alan bilimleriniň we başarnyklarynyň maksada laýyklygy elmydama baha bilen kesgittenilýär. Okuwçylaryň dilden, ýazuw we beýleki



görnüşdäki beren jogaplaryny dogry obýektiw bahalandyrmak üçin maksatnamada ýörite düşündiriş berilýär.

Maksatnama dürli synplarda öwredilýän umumy soraglary we öwretmegiň usulyýetine degişli hödürlenilýän edebiýatlaryň sanawy bilen tamamlanýar.

**Okuw kitaplary** okuw gollanmalardan tapawutlylykda maksatnamanyň sanawyna girýän hemme okuw we goşmaça taýýarlyga degişli materiallary öz içine alýar. Okuw kitaplary bilim çeşmeleri, okuwçylaryň ünsüliligini we bilisigelijilik ukyplaryny ösdüriji maksatlary ýerine ýetirmäge doly laýyk gelmelidir.

Okuw kitaplary elmydama maksatnama laýyklykda ýazylyp, ýerli materiallary giňden öz içine almalydyr. Bu babatda Türkmenistanyň özbaşdaklygy alanyndan soňra türkmen alymlary we halypa mugallymlary tarapyndan ýerli şertlere laýyk gelýän synag okuw kitaplary ýazylyp, olar ýörite bilim ministrliginiň hödürlemegi boýunça neşir edildi. Bu kitaplaryň soňky neşirleri umumy bilim berýän orta mekdepleriň okuw kitaplary hökmünde tassyklanyldy.

Ol kitaplary:

1. *G. Toýlyýew, H. Hudaýberdiýew, Ç. Gurbangeldiýew we H. Hydyrow. Fizika 6. A. TDNG, 2003.*

2. *G. Toýlyýew, R. Jumagulyýew, A. Hudaýberdiýew we H. Hydyrow. Fizika 7. A. TDNG, 2003.*

3. *G. Toýlyýew, H. Hydyrow, Ö. Allakow, Ç. Gurbangeldiýew, A. Caryýew. Fizika 8. A. TDNG, 2010.*

4. *G. Toýlyýew, H. Hydyrow, Ç. Gurbangeldiýew, R. Jumagulyýew. Fizika IX. A. TDNG, 2004.*

5. *G. Toýlyýew, R. Jumagulyýew, H. Hydyrow, Ç. Gurbangeldiýew, R. Jumagulyýew. Fizika X. A. TDNG, 2010.*

6. *Ö. Bekmyradow. «Fizikadan meseleler» ady bilen mekdep okuwçylarynyň döwlet bäsleşigine taýýarlyk görmäge niýetlenen okuw gollanmasy. A. TDNG, 2006.*

**Ýokary okuw mekdepleri boýunça fizikadan okuw gollanma kitaplary.** Türkmenistanyň ýokary okuw mekdepleriniň alym mugallymlary tarapyndan Türkmenistanyň Prezidenti Gurbanguly Berdimuhamedowyň Bilim syýasaty esasynda okuw we gollanma kitaplary ýazyldy.

Türkmenistanyň Garaşsyzlyk ýyllarynda umumy fizikanyň bölümleri boýunça birnäçe okuw gollanmalary we kitaplary ýazyldy. Olardan Magtymguly adyndaky Türkmen döwlet uniwersitetiniň alym-mugallymlary A. Nurgeldiýewiň, Ö. Bekmyradowyň, B. Akmyradowyň «Molekulýar fizika we termodinamika», A. Gurbanmuhammedowyň «Elektrik we magnit hadysalary», A. Ataýewiň «Atom we ýadro fizikasy» hem-de Seýitnazar Seýdi adyndaky mugallymçylyk institutynyň alym-mugallymlary J. Allakowyň, Ç. Gurbangeldiýewiň «Mehanika», J. Awliýakuliýewiň, G. Ataýewiň «Kwant fizikasy», J. Awliýakuliýewiň, Ý. Baratowyň, G. Ataýewiň, A. Çaryýewiň «Optika» atly okuw gollanmalary we kitaplary cap edildi.

## 1.4. FIZIKANY ÖWRETMEGINİň SERIŞDELERI

### 1.4.1. Mekdep fizika otagy we onuň serişdeleri

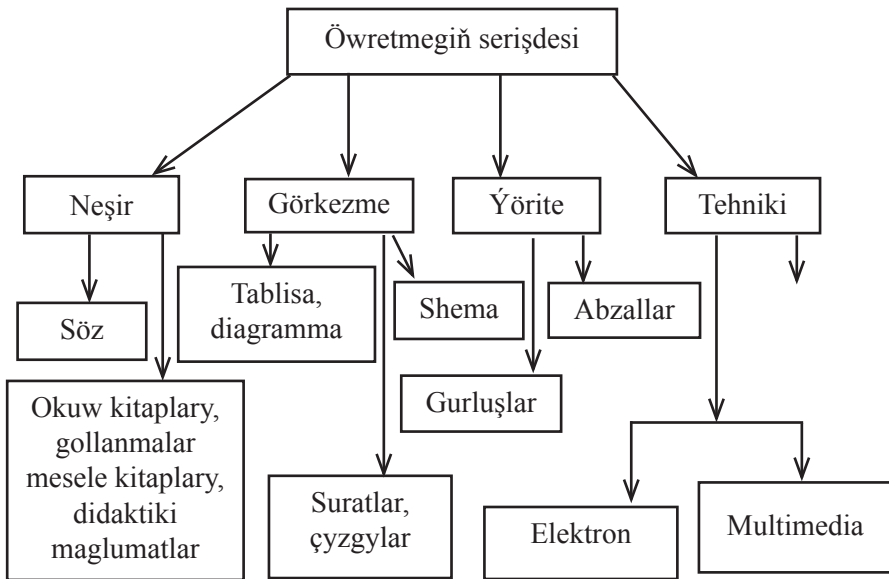
*Öwretmegiň serişdeleri diýip, mugallymlaryň maglumatlary okuwçylara geçirmekde ulanýan sözi we gurallar toplumyna aýdylýar.* Bu serişdelere okuw kitaplary, okuw gollanmalar, plakatlar, goşmaça maglumat beriji we didaktiki edebiýatlar; tehnik serişdeler, kompýuterler, interaktiw tagta, proyektorlar we ş.m. girýärler.

Öwretmegiň serişdeleriniň toplумы 1.4.1-nji tablisada görkezilen.

Mekdeplerde fizika sapaklaryny geçirmäge niýetlenen synplar dürli sapaklary, ýagny fakultativ, fizikadan sapakdan daşary okuwyň, gurnaklaryň işlerini guramaçylykly we ýerlikli, pedagogikanyň talaplaryna laýyk geçirmäge mümkinçilik berýär.

Bularyň berjaý bolmagy üçin fizika synp otaglary aşakdaky talaplara laýyk üpjün bolmalydyr:

- fizika otagyň guralyşy okuw maksatnamanyň mazmunyny amala aşyrmagy üpjün eder ýaly;
- okatmagyň politehniki çemeleşmelerini amala aşyrmaga mümkinçilik berer ýaly;



- fizika otagyň enjamlaşdyrylyşy iň amatly nusga laýyk gelmelidir;
- fizika otagyň enjamlaşdyrylyşy okuwy amala aşyrmakda zerur bolan ilkinji derejeli işlere artykmaç wagt ýitirmez ýaly bolmalydyr;
- fizika otagda ulanylýan enjamlar tehniki taýdan howpsuz, estetiki babatda gowy, ekologiki arassa bolan umumy ulgamy emele getirmelidir;
- fizika otag onuň howasyny intensiw çalyşmaga mümkinçilik berýän awtonom ýa-da merkezleşdirilen wentilýatorlar bilen üpjün edilmelidirler.

Käbir köne görnüşli mekdeplerde bu talaplara laýyk gelýän fiziki otaglary taýýarlamak aladasy hut fizika mugallymyň özüniň üstüne düşýär.

Umuman mekdepdäki okuwçylaryň sanyna laýyklykda fizikadan synag otagy iki jaýdan ybarat bolan ýörite otaglar göz önünde tutulan. Onuň ulusy sapak geçmek üçin niýetlenip, ikinji kiçisi bolsa fiziki en-

jamlary, okuwa degişli gurallary, abzallary, ÖTS-leri we ş.m. saklamaga niýetlenen kömekçi laboratoriya otagy diýlip atlandyrylýar. Bu otaglar biri-birine içinden we umumy koridordan girip-çykmak üçin ýörite gapylar bilen üpjün edilen. Hemme okuw otaglarynda bolşy ýaly, fizika otagynda-da okuwçylaryň stollary, olaryň çep tarapyndan ýagtylyk düşer ýaly, okuwçylaryň çep eginleri penjire tarapa bolar ýaly edilip ýerleşdirilen.

Synp tagtasy sapak geçilýän otagyň okuwçylaryň önündäki diwaryň ortasynda onuň aşak tarapy demonstrasiya stolunyň üstünden 5–10 sm ýokarda durar ýaly edilip asylyar. Demonstrasiya stoly synp tagtasy asylan diwardan, takmyn, 1 metr aralykda we onuň üsti okuwçylaryň stollarynyň birinji hatarynyň üstünden 15–20 sm beýiklikde we olardan, takmyn, 1 m aralykda durar ýaly edilip ýerleşdirilýär. Okuwçylaryň stollary üç hatar ýerleşdirilip, olaryň hatar aralary, takmyn, 0,6 metr, hatardaky stollaryň arasy 0,5 metr çemesi edilip ýygnaýlar. Täze tipli mekdepleriň fizika otagy ýörite ýasalan şkaflar bilen üpjün edilýär. Bu şkaflar otagyň sag diwarynyň önünde ýerleşdirilýär. Bu şkaflarda gaty agyr bolmadyk fiziki abzallar bölümler boýunça aýyl-saýyl edilip goýulýär. Şonuň ýaly hem, okuwçylaryň öz elleri bilen ýasalan gurluşlary, çyzgylary, olaryň taýýarlan doklady, referatlary üçin ýörite sergi burçy enjamlaşdyrylsa has gowy bolar. Okuwçylaryň stollaryna 6; 12 we 24 W naprýaženiýe berýän LIP–90 göneldijiden alnan we 220 W naprýaženiýeli üýtgeýän elektrik toguny geçirmek maslahat berilýär. Bu naprýaženiýeleriň paýlaýjysy synp tagtasynyň çep tarapynda diwaryň ýüzünde ýerleşdirilýär. Şeýle hem, bu diwarda synp tagtasynyň ýokarsynda ýörite ýasalan okuw kinofilmleri we şekilleri görkezmek üçin ekran asylyar. Penjireler bolsa awtomatiki açylyp ýapylyan tutular bilen üpjün edilmeli. Fizika okuw jaýynda fizika ylmyna saldamly goşant goşan alymlaryň portretlerini hem asmalydyr. Fizika kabinetiniň okuw jaýynda amatlylygyna görä synp tagtasynyň sag ýa-da çep tarapynda uly şkalaly termometr, barometr we gigrometr asylyp goýulsa talaba laýyk bolar. Käbir göreldele mekdeplerde synp tagtasy kese tekizlik boýunça süýşer ýaly edilip, onuň aňyrsynda hem ak ekran ýerleşdirilýär. Şonuň ýaly hem wideo magnitofonlardan peýdalanmak üçin ýa-da okuw telegepleşiklere to-

maşa etmek üçin ýörite asmalarda ýerleşdirilen telewizorlar hemme okuwçylara görner ýaly edilip, otagyň potologyndan asylyp goýulýar.

Fizika okuw jaýynda görkezme tejribe stoly onuň çepinde mugallymyň stoly, sagynda bolsa suw krany dia we kinoproýektorlar ýörite ýasalan tekjelerde okuwçylaryň arkasyndaky diwarda ýerleşdirilýär.

**Laboratoriýa otagy.** Bu otagda sapakda ulanylmaly enjamlar, göwrümi uly, okuw otagyň interýerine gowy laýyk gelmeýän okuw prosesinde seýregräk ulanylýan, bejeriş üçin niýetlenen fiziki abzallar, gurallar, plakatlar we ş. m. ýörite ýasalan tekjelerde saklanylýar. Bu jaý hem suw krany, demonstrasiýalary sapaga taýýarlamak üçin uly stol bilen üpün edilýär. Mekdebiň okuw we tejribe otaglary mugallymyň, laborantyň we okuwçylaryň iş otagydygy üçin onuň arassalygy, ýagtylandyrylyşy, içki temperaturasy, howasynyň arassalygy ýylyň islendik paslynda talaba laýyk bolmalydyr. Fizika otagynda abzallar bilen işlenilende berjaý edilmeli howpsuzlyk tehnikasynyň ýazgysy asylygy bolup, onuň bilen her okuw ýylynyň başynda okuwçylar mugallym tarapyndan tanyş edilmelidir. Howpsuzlyk tehnikasynyň berjay edilmegi okuwçylaryň borjudyr onuň berjaý bolmagyny talap etmek bolsa mugallymyň paýyna düşýär. Sapak wagtynda okuwçylaryň howpsuzlyk tehnikasyny berjaý etmezlikleri zerkarly ýüze çykan adatdan daşary ýagdaýa mugallym jogap bermeklige borçludur. Şol sebäbe görä-de, mugallymyň bu işi ünsden düşürmezligi zerurdyr.

**Fizika otagynyň serişdeleri.** Bulara:

- fizikany öwretmegiň ählumumy serişdeleri;
- kömekçi serişdeler; neşir serişdeleri; fizikadan okuw görkezme tejribelerini geçirmek üçin niýetlenen serişdeler;
- fizikany öwretmegiň tehniki serişdeleri girýärler.

Fizikany öwretmegiň ählumumy serişdelerine synp tagtasy, ýazmak üçin hek (marker), okuwçylaryň oturgyçlary we stollary, mugallymyň iş stoly, suw, gaz, ýylylyk, kanalizasiýa, howany çalşyjynyň enjamlary. Görkezme tejribelerini taýýarlamak üçin stol we gurallar we ş. m.-ler degişlidir.

**Kömekçi serişdeler.** Okuw işlerine gös-göni degişli bolmadyk, emma olaryň kömegi bilen geçirilýän okuw işlerini ýeňilleşdirmäge ýardam berýän serişdelerdirler. Mysal üçin, ulanylýan arabajyk, merdiwan, goşmaça synp tagtasy, ştativ, aýna gaplar, hojalyk harytlary we ş.m.

**Neşir serişdeleri.** Maglumat beriji tablisalar, didaktiw işleri üçin taýýarlanan kartoçkalar, fotoportretler, plakatlar, albomlar degişlidirler. Fizika okuw otagynyň bezelişiniň estetikasyny gowulandyrmak maksady bilen alymlaryň fotoportretlerini synp jaýynyň diwaryndan ýa-da mekdebiň umumy koridorynyň kesgitli ýerinde tanymal fiziki alymlaryň portretleri asylyp, olaryň aşagynda ylma goşan goşantlary ýazylsa onuň terbiýeleýji işe we okuwçylaryň bilimini artdyrmaklyga uly ýardam edildigi bolar.

Türkmenistanda XXI asyrdaky salnyp ulanylmaga berlen täze görnüşli dünýä standartlaryna gabat gelýän mekdeplerde fizika okuw we kömekçi otaglary agzalan talaplara doly laýyk edilip taýýarlanylýar. Bu mekdepler multimedia, kompýuter otaglary, interaktiw tagtalar we dünýä standartyna laýyk gelýän okuw görkezme enjamlary we laboratoriyalar bilen üpjün edilen.

Agzalan serişdeler bilen fizika otagynyň üpjün bolmagy mugallymyň borjudy. Bularyň ýerine ýetirilmezligi okuw maksatnamasynyň talabyny doly berjaý edilmedik bilen barabardyr.

#### **1.4.2. Mekdep fiziki abzallarynyň esasy görnüşleri we olaryň aýratynlyklary**

Mekdep fizika tejribesiniň material esasy fizika abzallarydyr. Özünüň maksady, şerti boýunça hemme fiziki tejribeler *demonstrasiýa (görkezme)*, *frontal laboratoriyä* we *fizpraktikumlar* atlandyrylýan toparlara bölünýärler. Edil şonuň ýaly fiziki abzallary hem *demonstrasiýa (görkezme)* abzallary, *laboratoriyä* abzallary we *fizpraktikum abzallaryna* bölünýär.

Bu abzallaryň her biriniň özünüň maksadyna görä ululykda ýasalyr. Meselem, fiziki demonstrasiýalary görkezmäge niýetlenen abzallar her bir görkezilýän hadysalara 8–9 m daşlykdan gözegçilik edip

bolar ýaly ululykda ýasalýar. Şonuň ýaly hem görkezilýän hadysalaryň has görnükli we düşnükli bolmagy üçin şol bir demonstrasiýada ulanylýan abzallaryň sany mümkin boldugyça az bolmalydyr.

Mugallym geçirýän sapagynyň dowamynda artykmaç wagt harç etmezden fiziki demonstrasiýany ýygnap we görkezip biler ýaly abzallaryň özara birikdirilişi juda ýönekeý, amatly we ekologiki talaplaryň standartyna laýyk ýasalan bolmaly.

Demonstrasiýa abzallary ondan-oňa köp geçirilýändigini we dürli adamlar tarapyndan ulanylýandyklary sebäpli olaryň düzümi böllekleriniň birikdirilişi ygtybarly bolmaly. Abzallaryň ulanylyşynda ýüze çykan ownuk kemçilikler aňsat düzediler ýaly olar ýönekeý edilip ýasalmalydyr.

Elektrostatika boýunça geçirilýän käbir demonstrasiýalar ýokary naprýaženiýeni ýa-da molekulýar fizikada ýokary derejede gyzdýrmaklygy we ş.m. seresaplylygy talap edýän tejribeleriň bar bolmagy sebäpli demonstrasiýalary diňe mugallymyň özi geçirmelidir. Aşa uly seresaplylygy talap edýän abzallaryň okuwçylara görünäýjek ýerlerinde uly harplar bilen ýazylan degişli ýazgylar bolmaly.

Frontal laboratoriýa işleri бүтін synp okuwçylary bilen bir wagtda hut olaryň özläriniň geçirýändigikleri sebäpli okuwçylaryň stolunda köp ýer tutmaz ýaly ulanylýan abzallarynyň gabarasy kiçi we ulanmasy ýönekeý bolmaly. Laboratoriýa işiniň dowamynda her okuwçynyň dürli (abzallary birikdirmek, ölçeg geçirmek, depderine ýazgy etmek we ş.m.) iş bilen meşgul bolýandyklary üçin synp otagyňy garaňkyratmak ýa-da şoňa meňzeş aýratyn şertleri talap edýän laboratoriýa işleri ulanmaly däl. Frontal laboratoriýa işleri synpdaky hemme okuwçylar bilen bir wagtda geçirilýändigini üçin ulanylýan abzallaryň sany okuwçylaryň sanyna laýyk bolmaly. Bu şert ýerine ýetmedik halatlarynda laboratoriýa işini geçirmek üçin synpdaky okuwçylary 3–4 topara bölmeli we ol toparlaryň her biri bilen aýratynlykda geçirmeli.

Frontal laboratoriýa işlerini we fizpraktikumlary geçirmezden ozal okuwçylar ol işlerde ulanyljak ölçeýji gurallar (ştangensirkul, mikrometr, terezi, termometr, barometr, psihrometr, sekundomer, milliampermetr, woltmetr we ş.m.) bilen işlemäni başarmaly.

Laboratoriýa işlerinde ulanylýan abzallaryň juda gymmat bolmazlygy üçin, adatça, olaryň ölçeýiş takyklyk derejesi 2,5 bolsa hem bolar. Laboratoriýa işlerinde ulanylýan hemme ölçeýji abzallar gorizontal halynda işläř ýaly edilip ýasalan bolmaly.

Fizpraktikumlarda ulanylýan elektrik ölçeýji abzallar 1,5–2,5 takyklyk derejede bolmagy ýeterlikdir. Bu abzallaryň toparyna bir ýa-da köp basgançakly demonstrasiýa görnüşli ölçeýji ampermetri, woltmetr- galwanometri, laboratoriyada ulanylýan AI-2,5 ampermetri, WI-2,5 woltmetri, fizpraktikumda ulanylýan AWO-63 görnüşli awometri görkezip bolar.

Fizpraktikumlary geçirmekde elektrik çeşmeleri hökmünde, adatça, göneldijiler ulanylýar. Olar 220 *W* naprýaženiýeni 0–12,0–26 *W*-a çenli endigan we basgançakly üýtgedip bolýan naprýaženiýeli *WS* -12 we *WS* -26 göneldijilerdir (*W* – woltmetr, *S* – selenli).

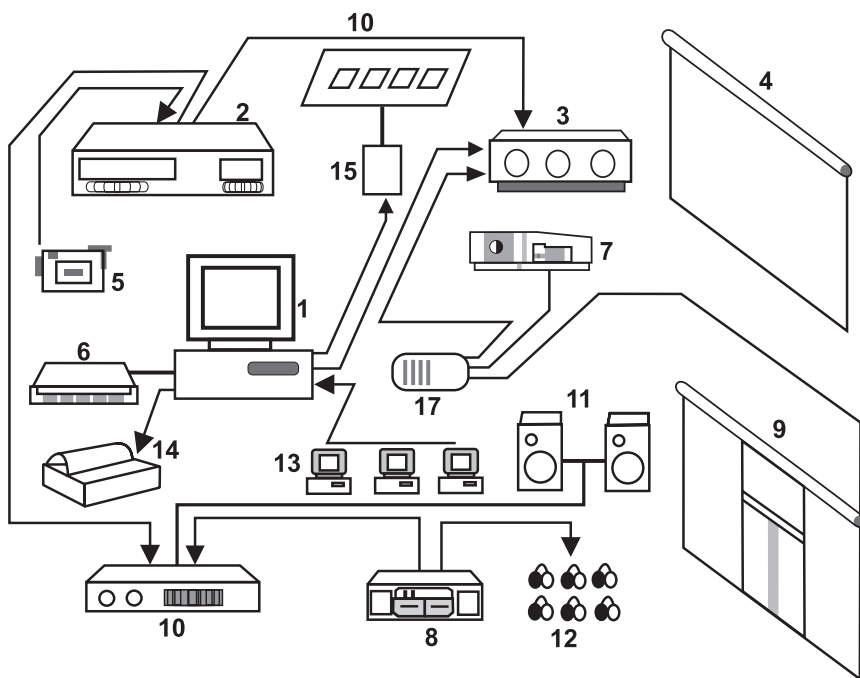
#### **1.4.3. Fizikany öwretmekde ulanylýan elektron serişdeleri**

Elektronikanyň pajarlap ösmegi onuň önümçiligiň hemme pudaklaryna we okuw işlerine ornaşmagyna getirdi. Häzirki zaman mekdeplerinde elektron abzallaryny özünde jemleýän öwretmegiň elektron tehniki serişdeleriniň (ÖETS) toplumy A.W. Smirnow tarapyndan hödürlenen. Bu ÖETS özünde:

- wideoproýektory;
- garaňkylandyrylan we ýagty otagda işlemäge ukyply uly ölçeqli ekran;
- personal kompýuter;
- video kamera we wideomagnitofon;
- printer;
- sesi güýçlendirijiler, nauşnikler, iki uýy hem degişli uçlukly (ştekerli) birikdiriji simler we ş.m. gurluşlary jemleýär.

Bu gurluşlar bilen döredilen A.W. Smirnow tarapyndan hödürlenýän fizika mugallymyň awtomatlaşdyrylan kompleksi (FMAK) 1.4.1-nji suratda görkezilen.





1.4.1-nji surat. Fizika mugallymyň awtomatlaşdyrylan kompleksi.

Bu ýerde 1 – mugallymyň kompýuteri, 2 – wideomagnitofon, 3 – wideoprojektor, 4 – ekran, 5 – wideokamer, 6 – wideomagnitofon, 7 – diaprojektor, 8 – magnitofon, 9 – penjireleriň tutuşy, 10 – signallary güýçlendiriji, 12 – gulaga dakylýan telefon, 13 – okuwçylaryň personal kompýuteri, 14 – printer, 15 – analog-san özgerdiji, 16 – datçikler, 17 – edaraediji pult

FMAK-ıň merkezi bolup, mugallymyň (esasy) personal kompýuteri (1) hyzmat edýär. Ol wideomagnitofon (2) bilen bilelikde wideoprojektora (3) birikdirilen. Wideoprojektor ekrana (4) ak-gara we reňkli şekilleri proyektirleýär. Bu ekran diagonaly boýunça 3,5 m çemesi ölçegdedir. Projektorıň ýagtylyk akymy örän uly (900 lm) bolany üçin ekrandaky şekil aýdyň görünýär.

Wideoprojektor (3), diaprojektor (7), proyektirlenýän ekran (4), penjiräni tutulaýjy (9) we synp otagyň ýagtylygyny uzak aralykdan edara ediji pult (17) hyzmat edýär. Bu kompleks san-analog özgerdiji datçikler (15) bilen edara edilýändigini üçin kompleks bilen işlenilende ol fiziki tejribelerde ölçelýän ululygyň takyk bahasyny ekranda görkezýär.

Komplektiň düzüminde wideokameranyň (5) we wideomagnitofonyň (6) bolmagy mugallyma şekilli maglumatlary magnit lenta ýazmaga mümkinçilik berýär. Bu ýazgylar okuwçylara elektrostatiği meýdanyň güýjenmesiniň güýç çyzyklaryny, elementar bölejikleriň Wilsonyň kamerasyndaky galdyrýan ýagtylyk treklerini, elektrik we magnit meýdanlary bilen geçirilýän köp sanly hadysalaryň geçiş dinamikasyny okuwçylara görkezmäge mümkinçilik berýär. Ýazgylary magnit lentalary bolsa mekdepde fizika mugallymyň okuw ýazgylary kartatekasyny artdyrýar.

Güýçlendiriji (10) bilen birikdirilen magnitofonly (8), we akustiki gurluşly (11) FMAK aşakdaky mümkinçilikleri döredýär:

- magnit lentede ýazylan tekstleri seslendirýär;
- fizika kabinetde sapak geçilende saz bezegini döredýär.

Bu komplektde okuwçylaryň özbaşdak işlerini guramak üçin gulaga dakylýan telefonlar (12) göz önünde tutulan.

FMAK mugallyma okuwçylaryň bilimini we başarnygyny gysga wagtyň içinde barlamaga; okuwçylaryň köp goýberýän ýalňyşlyklarynyň öz wagtynda önüni almaga we synp okuwçylar köpçüliginiň ýetişigine öz wagtynda baha bermäge, laboratoriya işleriniň geçirilişini täzeçe guramaga mümkinçilik berýär.

Bu seredilen FMAK diňe bir tehniki meseläni çözmän, ol fizikany öwretmekde täze çemeleşmäni – usulyýeti amala aşyrmagyň mysalydyr.

#### 1.4.4. Multimedia

Soňky döwürde multimedia adalgasy bilim sistemasynda örän köp ulanylyp başlanyldy. Multimedia näme? Ol sesi, grafikany, maglumatlary we şekili birikdiriji tehnologiýadyr. Multimediýa *multi-köp* we *media-özünde saklaýjy* sözlerden durýar. Diýmek, bu adalgany «köp saklaýjy» diýip terjime edip bolar. Multimedia örän köp maglumatlary, sesi, hereketi özünde saklamaklygyň usulydyr.

Multimedia maglumatlar tehnologiýasy hökmünde seredilende ol gurallardan we programmalardan ybarat bolan iki sany toplumy özünde jemleýär. Multimedianyň gurallar bölegi hökmünde grafik

adapteri (ýörite uçlukly köp geçiriji sim birikdiriji), gaty magnit disk, monitor we ses ýazgylý kartaly CD-ROM kabul ediji ýörite gurluşlary mysal getirip bolar.

Multimedianyň programma bölegi ol ýa-da başga görnüşdäki amaly maglumat saklaýjy, şonuň ýaly hem multimedia mümkinçiliklerini özünde jemleýän ýöriteleşdirilen gurluş. Bu ýöriteleşdirilen gurluş grafik redaktorlaryny, ses maglumatlaryny redaktirleýji we dörediji serişdelerdir.

Häzirki döwürde satuwa çykarylýan personal kompýuterleriň hemmesi bellibir derejede multimedia gurluşlary bilen üpjün edilen. Ýöne personal kompýuterlerde onuň bardygyny kompýuteri ulanyjylaryň köpüsi ýuwaş-ýuwaşdan öwrenýärler.

Multimedianyň ulanylyp başlanmagy adamzadyň döredijiliginiň köp çäklerinde işe täzeçe çemeleşmegi dörettdi. Okuw derslerini multimedia esasyda geçirmek öwretmegiň netijeliligini ýokarlandyrdy.

#### **1.4.5. Interaktiw tagtalary we olar bilen işlemek**

**SMART Board (Smart Ekran) interaktiw tagtasy.** Dünýäde ilkinji bolup, 1991-nji ýylda **SMART Technologies Inc.** kompaniýa interaktiw tagtany täze tehnologiýa hökmünde mugallymlara hödürledi. Sapakda interaktiw tagtany ulanmaklyk onuň guramaçylygyna we öwredilýän maglumatlaryň okuwçylar tarapyndan kabul edilmegine didaktiki öwüşgin berýär.

Interaktiw tagta synp otagynda gurulanda ol kompýutere we proyektora dakylýar. Ony edara etmek üçin barmagymyzy tagta galtaşdyrmak ýeterlikdir. Interaktiw tagta ony taýýarlan kompaniýanyň düzen we oňa girizen ýörite programmasynyň kömegi bilen tagta birikdirilen kompýuterdäki islendik faýly açyp, onuň ýüzünde hat, formula (aňlatma) ýazyp, çyzgy, surat çyzyp bolýar. Ýazgylý kompakt disklerdäki, fleşkalardaky ýazgylary kompýuteriň kömegi bilen açyp, interaktiw tagta proyektirlenýär. Sapak tamamlanandan soňra onda ulanylan maglumatlary kompýuteriň ýadynda saklap bolýar.

Interaktiw tagtanyň proyektory iki görnüşde tagtanyň önünde potologa dakylýar (**göni proyeksiýa**), ýa-da tagtanyň arkasynda (**ters proyeksiýa**) ýerleşdirilýär we ol tagta bilen ýeke-täk ulgamy döredýär. Iş ýüzünde ters proyeksiýa usuly has amatly hasaplanylýar.

**SMART** interaktiw tagtasy sensor displeý bolup, ol düzümine kompýuter we multimedialy proyektor ulgama girýän bir bölek hökmünde işleýär. Kompýuter elektrik signalyny ýörite programalaryň kömegi bilen şekil signalyna öwürýär we ony proyektora geçirýär. Proyektor özüne geçirilen signaly interaktiw tagta proyektirleýär. Interaktiw tagta kompýuteriň edara etmegi netijesinde bir wagtda onuň edaralygynda we özbaşdak işläp bilýär. Ýokarda belenilişi ýaly, SMART interaktiw tagta barmagyňy galtaşdyryp, **kompýuterdäki açyk faýllar** bilen gös-göni işläp bolýar.

Mugallym Noutbugyň (elde görterilýän kompýuteriň) gurallary, interaktiw tagtanyň gyrasynda asylan ýörite gapyrjakdaky elektron markerler we tagtanyň hut özüniň gurallary bilen açylan faýldaky islendik maglumatyň üstünde işläp, ýa-da ony korzina (sebede) oklap bilýär. Diýmek, SMART interaktiw tagta galtaşdyrylýan barmak kompýuteriň syçanjygynyň çep düwmesine kakylandaky ýaly işi ýerine ýetirýär.

**Activboard (Aktiw Ekran) interaktiw tagtasy.** Häzirki döwürde *Promethean LTD* kompaniýanyň *Activboard* (Aktiw Ekran) atlandyrylýan interaktiw tagtasy hem giňden ulanylýar. Bu *Activboard* interaktiw tagtanyň ekranynyň aktiw diagonaly 1,25 m, 1,62 m, 1,99 m we 2,46 m ölçegde ýasalýar. *Activboard* interaktiw tagtanyň elektron galamyny Aktiw Ekrana ýa-da onuň gurallaryna galtaşdyrmak bilen kompýuteriň Windows programmasyny edara etmäge mümkinçilik döredýär. Şonuň ýaly hem bu komplekte girýän infragyzyly portly pa-



1.4.2-nji surat.  
AKTIVWAND  
elektron taýajygy

nel otagyň islendik yerinden Aktiw Ekrany edara etmäge mümkinçilik berýär. Şeýle hem bu komplekt uzynlygy 54 sm bolan elektron görkeziji taýajyk (1.4.2-nji surat) bilen üpjün edilen. Onuň kömegi bilen islendik boýly okuwçy tagtanyň ýokary çetindäki gurallar bilen hem aňsat işläp

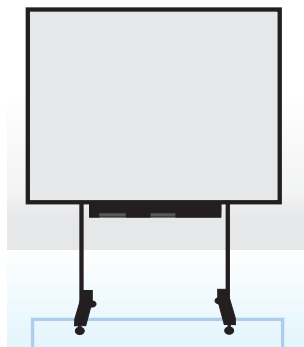
biler. Bu elektron görkeziji taýajygyň tutaşyjynda kompýuteriň syçanjygynyň çep düwmesiniň işini berjaý ediji düwmejik ýerleşdirilen.

*Interwrite Board (Interwrite Ekran) interaktiw tagtasy.* Interwrite Board interaktiw tagtasy (1.4.3-nji surat) ABŞ-nyň CalcComp Inc. kompaniýasy tarapyndan «elektromagnit» esasyda ýokary tizlikli işlärläý edilip ýasalan. Bu tagtanyň işlenilýän (aktiw) meýdany ýazgy sürtülmelerine durnukly gaty materialdan taýýarlanylýan.

Onuň gurallary fizika, geometriýa, algebra, çyzgy we beýleki sapaklarda ulanylýan çyzgylary, suratlary, aňlatmalary, grafikleri we beýleki funksional baglanyşyklaryň çyzgylaryny ýerine ýetirmeklige mümkinçilik berýär. Interwrite Board interaktiw tagtasynyň üç funksional programmalaşdyryjy düwmesi onuň bilen işlemegi we buýrulan ýumuşlary örän çalt ýerine ýetirmäge mümkinçilik döredýär.

Interwrite interaktiw tagtasynyň aktiw böleginiň ini 1219/1372 mm, beýikligi 914/1060 mm, agramy 11,4 /16,3 kg.

Ol Windows 98, NT, 2000, ME, XP; NT, Mac OS, Linux operatsionlar bilen işlemäge ukyplydyr.



1.4.3-nji surat. Interwrite Board interaktiw tagtasy

#### **1.4.6. Interaktiw ders otagynda bolmaly serişdeler**

*Uniwersal interaktiw tagta (wertual mekdep tagtasy hem diýilýär)* okuw materialyny taýýarlamak, sapak geçmek, interaktiw testirleme, sorag we diskusiýa, okuwçylary bahalandyrmak ýaly işleri ýerine ýetirmekde ulanylýar. Sapak döwründe elektron kitaplardan, bilim resurslaryndan, mugallym tarapyndan taýýarlanan awtor sapaklaryndan peýdalanmak bolýar. Interaktiw tagtadan peýdalanylyp ähli derslerden geçilýän awtor sapaklary kompýuteriň ýadyna ýazyp, geljekde okuwçylaryň özbaşdak taýýarlygynda, mugallymlaryň okuw materialyny bilelikde taýýarlap tejribe alyşmakda ulanylyp bilner.

### *Interaktiw tagtanyň tehniki häsiýetnamasy*

1. Işlenýän üstüň meýdany 1624 x 1160 mm, diagonalý 1995 mm.
2. Gaty, ýalpyldyny döretmeýän könелmezек (berk) üst. Tagtanyň üstünlikli işlemeli döwri 5 ýyl.
3. Iýmitlendiriş çeşmesine mätäç bolmadyk elektron galam kompýuterdäki «Syçanjygyň» işini ýerine ýetirýär.
4. Elektron galamyň 1 sm-de 1000 çyzyk ýerleşdirmäge mümkinçiligi bar.

5. Radiokanallar boýunça 64 goşmaça gurluşlary (simli baglanyşygy bolmadyk pultlary, planşetleri) birikdirmek mümkin.

Interaktiw tagta, mugallymyň iş stolundaky kompýutere çatylan proyektor (potolokdan asylan) şekilleri şöhlелendirýär.

Interaktiw mekdep tagtasy bilen interaktiw režimde işlenilýär. «Syçanjygyň» işini ýerine ýetirýän elektron galam bilen tagtadan kompýuteri dolandyryp bolýar (zerur programmalary goýbermek, Internet bilen işlemek).

Elektron galam bilen ýazgylary, suratlary, çyzgylary döredip, informasiýalaryň wajyp böleklerini tapawutlandyryp (belläp), öňünden taýýarlanan sahypalara ýa-da interaktiw režimde döredilen materiallary açyp, olara seredip, redaktirläp bolýar.

Interaktiw tagtanyň uly işjeňlikli üsti ondaky şekilleri okuwçylara aýdyň görmäge mümkinçilik berýär.

Interaktiw tagta bilen işlemek üçin ýörite bilim we programma üpjünçiligi zerurdyr.

Şeýle programmalaryň biri hem **ACTIVStudio** programma üpjünçiligidir.

Bu programmanyň penjiresindäki gurallaryň işleýşi Windows operasion sistemasynda Paint grafiki redaktordaky gurallaryň işleýşine meňzeşräkdir.

WORD tekst redaktorynda resminamalaryň (dokumentleriň) döredilişi ýaly, ACTIVStudio programmanyň kömegi bilen şoňa meňzeş resminamany döredip bolýar, oňa **Flipçart** diýilýär.

Flipçart – bu iş meýdançasy onda materiallary döredip, görkezip bolýar, başga sözler bilen aýdanymyzda flipçart mekdep tagtasyna meňzeşdir. ACTIVStudio programmanyň gurallaryndan mekdep tag-

tasýnda mel, çyzgyç we beýleki gurallaryň ulanylyşyndan has netijeli peýdalanmak bolýar.

ACTIVStudio programmasýnda her biri aýratyn penjirede ýerleşen we sahypalaryň erkin sanyny özünde saklap bilýän birnäçe flipçartlary açmak bolýar.

PowerPointde döredilen prezentasiýany flipçarta özgertmek we flipçarty prezentasiýa, Word-yň dokumentine, PDF (Portable Document Format), HTM formatlara özgertmek ýaly mümkinçilikler bar.

### ***Flipçartyň sahypasynda amal edip bolýan işler***

- düşeklik (fon) şekili goşmak;
- bellikleri girizmek we goşmaça ýazgylar ýazmak;
- suratlar döretmek ýa-da resurslar kitaphanasyndaky şekilleri peýdalanmak;
- beýleki programmalaryndaky suratlardan peýdalanmak;
- gipersalgylanmalary goşmak;
- şekili surata düşürmek we ony flipçarta ýa-da kompýuteriň aralyk ýadyna goşmak;
- geografik kartany şekillendirmek;
- filme, oýna tomaşa etmek;
- öz ähli eden işleriňi flipçartyň sahypasyna ýazmak we ş.m.

### ***ACTIVStudio programmasýnda işlemek***

Wertual mekdep tagtasy bilen işlemek üçin Windows operasi-on sistemasýnda programmalaryň işe goýberilişi ýaly, kompýuteriň iş stolunda ACTIVStudio programmanyň ýarlygyna «Syçanyň» çep gulagyna iki gezek basmaly. Şonda ACTIVStudio programma üpjünçiliginiň gurallary bolan penjire açylýar.

Bu programmanyň gurallar panelindäki AV ýarlyga «Syçanyň» çep gulagyna iki gezek basanymyzda öňümüzde ak iş meýdançasy açylýar.

## *ACTIVStudio programma üpjünçiliginiň gurallar paneli we ondaky esasy ulanylýan gurallar*



**Pero (ACTIVPen)** – bu gural köp ulanylýan gurallaryň biri. Onuň kömegi bilen dürli reňklerde, gerekli ölçeglerde ýazgylary, suratlary, bellikleri, çyzgylary döretmek we olary aýratynlykda süýşürmek mümkin. Erkin çyzyklary, geometrik figuralary (dik, kese, döwür çyzyklar, gönüburçluk, kwadrat, töwerek, ellips, duga, burç, peýkam we ş.m.) gurmak bolýar.



**Marker** – ýazgylary, bellikleri ýa-da beýleki obýektleri dürli reňkde tapawutlandyrmak üçin peýdalanylýar.



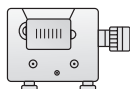
**Bozguç** (rezinka), **Arassalamak** (очистка), **Inkär etmek** (отменить), **Gaýtalamak** (повторить) ýaly guralardan beýleki programmalardaky ýaly peýdalanmak bolýar.



**Erkin saýlamak** (произвольный выбор) guraly arkaly sahypadaky obýekti saýlap ony hereketlendirip, ornuny üýtgedip, aýlap bolýar.



**Tekst** – sahypa tekst, sözbaşy, gerekli ýazgylary goşmak üçin gural. Bu gural bilen işlenilende «Ýüzýän» klawiaturadan, teksti redaktirlemek üçin (Word tekst redaktoryndaky ýaly), niýetlenen panelden, peýdalanmak bolýar. Bulardan başga-da, «Erkin saýlamak» guraly teksti saýlap (tapawutlandyryp), ornuny üýtgedip, ulaldyp, kiçeldip, öwürüp bolýan mümkinçiliklere eýedir.



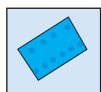
**Kamera** guralyň kömegi bilen kompýuteriň ekranynan, flipçartdan, wideodan ýa-da animasiýadan surata düşürmek (sýomka etmek) mümkin. Bütinleý ekrany ýa-da ekranyň bellibir bölegini surata düşürmäge ýardam edýär.



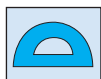


**Tanamak** (kesgitlemek) gural bilen elde ýazylan teksti Windowsyň programmalarynda redaktirläp bolar ýaly özgerdip bolýar (ýazmaça harpy basmaça harpa öwürýär). Bu gural elde çekilen geometrik figurany hem tanamaga ukyplydyr. Mysal üçin, elde taraplary egri çyzyklar görnüşinde çekilen üçburçlugy hakyky üçburçluga özgerdýär.

## Ýörite gurallar



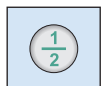
**Çyzgyç** – kesgitli uzynlykly we ýapgytlyk burçly çyzyklary gurmak, obýektleriň ölçeglerini ölçmek, üýtgetmek üçin ulanylýar.



**Transportir** – burçlary, dugalary, sektorlary, segmentleri ýokary takyklykda gurmaga mümkinçilik berýär.



**Altygranlyk – kubjagaz** – tötänleýin sanlary almak we sapakda oýun pursatlaryny guramak üçin peýdalanylýar.



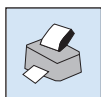
**Droby dörediji** – munuň kömegi bilen matematiki droblary döredip bolýar.



**Kalkulýator** – bu guralda matematiki hasaplamalary ýerine ýetirip we kalkulyatordaky ýazgylary flipçarta geçirip bolýar.



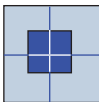
**Obozrewatel** – Internete cykmaga we WEB sahypalara seretmäge mümkinçilik berýär.



**TelegrafLenta** – auditoriýanyň ünsüni çekmek üçin flipçartyň sahypasynyň ýokarsynda hereket edýän teksti (informasiýany) şöhlelendirýär.



***Bellikler we görkezijiler*** – Flipçartyň sahypasynda bellikleri goýmak we ekranyň kesgitli bölegini tapawutlandyrmak, oňa ünsi çekmek üçin görkezijileri goýmak üçin ulanylýar.



***Koordinatalar başlangyjy*** – obýektleri erkin nokadyň daşyndan aýlamak we olary zerkal şekillendirmek üçin niýetlenen guraldyr.



***Flipçarty ýazmak*** – Flipçartyň sahypasyndaky ýerine ýetirilýän işleri (hereketleri) ýazýar we animasiýa görnüşinde ýerine ýetirýär.



***Sagat*** – ekranda sagady ýa-da wagty hasaplaýjyny görkezýär.

Görşümüziz ýaly ACTIVStudio programma üpjünçiliginiň gurallary bilen obýektleriň üstünde dürli işleri geçirip bolýar. Flipçartyň sahypasynda obýekti ýa-da obýektler toplumyny saýlap, ýok edip, sahpany bütinleý arassalap, süýşürüp, ölçeglerini üýtgedip, öwürüp we şuna meňzeş beýleki özgertmeleri ýerine ýetirip bolýar. Bulardan başga-da, obýektleriň nusgasyny döretmek, olary geçirmek we gerekli ýere goýmak ýaly işleri hem amal etmäge ýardam berýär.



***Prožektor*** – bu gural ekranyň bir bölegini tapawutlandyrmak, ýapmak üçin ulanylýar. Prožektoryň tegelekleyin ýa-da kwadrat görnüşlerinde ekran gara düşek bilen ýapylyp diňe tegelegiň ýa-da kwadratyň içindäki obýektler görünýär emma, prožektoryň doly tegelek ýa-da doly kwadrat görnüşlerinde, tersine, ekranyň tegelege ýa-da kwadrata degişli bölegi ýapylyp galan bölegi bolsa görünýär.



***Açmak*** (perde, tuty) – bu gural prezentasiýanyň bölegini ýapmak üçin ulanylýar.

Ekrany ýuwaş-ýuwaşdan dört ugra (saga, çepe, ýokary, aşak) açyp bolýar.

Prožektor we Açmak gurallary prezentasiýalary görkezmekde peýdalanylýar.

### ***Resurslar kitaphanasy***

Flipçartyň gurallar panelindäki «Resurslar kitaphanasy» düwmelik arkaly gerekli şekilleri, çyzgylary, gözenekleri, kartalary, animasiýalary, sesleri alyp ulanyp bolýar. Onuň sapagy taýýarlamakdaky we geçirmekdäki ähmiýeti örän uludyr. Resurslar kitaphanasyndan haýsy resurslardan peýdalanyljak bolunýan görnüşleri gözläp tapyp bolýar. Öz resurslaryňy hem döretmäge mümkinçilikler bar.

### ***ACTIVote ulgam***

Bu ulgam ACTIVStudio programmanyň «Menýusy» arkaly işe goýberilip sapakda testirleme geçirmäge mümkinçilik berýär.

Munuň üçin bu ulgamda «Soraglaryň ussasy» (Матрeк вопросов) programmanyň kömegi bilen test düzülýär. Ilki soragy girizip (sorag şekil görnüşinde hem bolup bilýär), soňra jogaplar girizilýär, olaryň arasyndan dogrusy görkezilýär we şuna meňzeşlikde dowam edip test taýýarlanylýar.

ACTIVote ulgamda radiosignallar peýdalanylýar. Başda baglanyşyk kanaly saýlanyp, okuwçylaryň öz ellerindäki pult arkaly iberilen signallar boýunça olaryň jogaplary hasaba – bellige alynýar.

Bellige alnanda pultlara şertli at ýa-da okuwçynyň öz ady berilýär. Interaktiw tagta okuwçylardaky pultdan signaly kabul edip we olara signallary iberip bilýär. Okuwçy tagtada ýazylan testiň dogry jogabyny elindäki pultdan A, B, C, D harplaryň birine basmak bilen saýlaýar. Şol pursat signal tagta berilýär we kompýuter tarypyndan işlenilýär. Testirlemäniň netijesini tagtada görkezip bolýar (okuwçy näçe soragy bilipdir, näçesini bilmändir, näçe wagt sarp edipdir we ş.m.).

Pultlary okuwçylar bilen söhbetdeşlik (diskusiýa), pikirlenişme, informasiýa ýygnaýan wagtlarynda hem ulanylyp bilner.

***Mugallymyň planşeti*** – bu simsiz baglanyşyk, mugallym üçin amatly iş gurallarynyň biridir. Planşetdäki ýazylan ýazgylar, çekilen

suratlar interaktiw tagtada şekillendirilýär. Planşet bilen işlenilende mugallym oturan ýerinden islendik wagt materialy tagta geçirip, okuwçylaryň ünsüni okuwa çekip, olaryň işjeňligini artdyrmaga goşmaça mümkinçilikleri döredip biler.

Fizika, himiýa we biologiýa derslerinden döredilen interaktiw otaglarda tejribe sapaklaryny, eksperimentleri hiç hili çykdajysyz okuwçylaryň saglygyna howp salmazdan ýokary netijeli geçirmäge mümkinçilik bar.

**Mobil kompýuter kompleksi** (MKK) bu kompleks içinde mobil kompýuterler (noutbuklar) saklanýan tigrçekli sandykdan ybarat. Mugallymyň we okuwçylaryň mobil kompýuterleri simsiz radio-ýygylkly signallar bilen baglanyşýarlar.

MKK synp otagynda okuwçylaryň özbaşdak işlerine gözegçilik etmäge, olary bahalandyrmaga umuman, olaryň işlerini dolandyrmaga mümkinçilik berýär.

## **1.5. FIZIKANY ÖWRETMEKDE OKUW PROSESINIŇ GURALYŞYNYŇ GÖRNÜŞLERI**

### **1.5.1. Hökmany okuw sapaklarynyň guramaçylygynyň görnüşleri**

Häzirki zaman orta mekdeplerde okuw sapaklarynyň guramaçylygy *synp-sapak sistema* esaslanandyr. Synp-sapak sistemany XVI–XVII asyrlarda görnükli pedagog, alym – gumanist Ýan Amos Komenskiniň ylmy-pedagogiki işleriniň, ägirt uly zähmetiniň esasynda döredi. Öwretmegiň bu sistemasyna çenli ýekebara we ýekabara – toparlaýyn sistema ulanylypdyr. Wagtyň geçmegi bilen ýekebara-toparlaýyn öwretmek ýuwaş-ýuwaşdan toparlaýyn, soňra bolsa, *synp-sapak sistema* öwrülen. *Synp-sapak sistemanyň* artykmaç taraplaryna garamazdan onuň durmuşa ornaşmagy örän haýal amala aşdy.

Häzirki wagta çenli synp-sapak sistemasy kämilleşdi we ösdi. Şu günki gün synp-sapak sistemanyň guramaçylygynyň esasy häsiýetlendirijileri aşakdakylardan ybaratdyr:

- okuw toparyndaky okuwçylaryň sanynyň ýyl boýunça üýt-gemeýändigini;
- her bir synpda berilmeli bilimleri kesgitleýji meýilnamalaryň we maksatnamalaryň anyklygy;
- okuw sapaklarynyň hepdeleýin geçiriliş tertibiniň üýtgeşsizli-gi;
- okuwçylaryň köpçülikleýin we ýekabara işiniň utgaşyklygy;
- okuw-terbiýeçilik işlerini gurajy bolan mugallymyň işine esasy orun berilmegi;
- okuwçylaryň alan bilimlerini yzygider barlanylmagy we ba-halandyrylmagy.

Mugallymyň aň düşünjesiniň, işe çemeleşiş häsiýetleriniň okuw-ça edýän täsirini, okuw-terbiýeçilik işlerini, okuwçylaryň işlerindäki köpçülikleýin özara täsirini hem-de başgaly yzygider we siste-malaýyn amala aşyrmakda okuw sapaklarynyň guramaçylygynyň synp-sapak sistemasynyň edýän täsiri örän uludyr.

Mekdepde okatmagyň has takygy öwretmegiň guramaçylygynyň esasy bolup *sapak* hyzmat edýär.

*Sapak – munuň özi logiki gutarnykly, bütewi, okuw-terbiýeçi-lik işleriniň hemme bölekleri bilen ysnyşykly baglanyşykly, ylmy nazaryýeti amatlaşdyrýan maksatlaýyn okuwçylar köpçüligi üçin mugallym tarapyndan geçirilýän işdir.*

Mekdepde okuwçylara bilim bermegiň sapakdan daşary eks-kursiýa, fakultativ, amaly, synpdan daşary dürli görnüşli işler sistemasy göz önünde tutulan. Okuw işleri meýilleşdirilende okuw sapaklarynyň guramaçylygynyň hemme görnüşleri hasaba alynmalydyr.

Okuw guramaçylyk işleriniň haýsy görnüşde geçirilmelidigi ön-de goýlan okuw-terbiýeçilik işiniň mazmuny we meseleleri bilen kes-gitlenilýär. Okuw işleriniň haýsy görnüşde geçirilýändigine garamaz-dan olaryň hemmesinde öwretmegiň esasy kanuny bolan okuwçylaryň maksada okgunly okuw-terbiýeçilik işlerine görkezilýän talaby mu-gallym tarapyndan hasaba alnyp, öwredilýän meseleleriň wajpylygy okuwçylaryň işjeňligine, döredijilikligine laýyk mazmunda we möçberde açylyp görkezilmelidir.

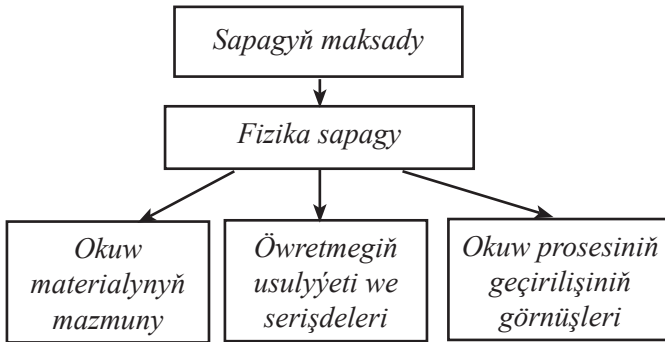
### 1.5.2. Fizika sapaklarynyň geçirilişine we guralyşyna edilýän häzirki zaman talaplary

*Häzirki zaman sapaklary* düşünjesi pedagogikadan we öwretmegiň usulyýetinden ýazylan edebiýatlarda soňky 15–20 ýylyň dowamynda döredi. *Oňa çenli öwretmegiň usulyýetinde özüniň düzümi: öňki geçilen temany sormak, täze okuw materialyny düşündirmek, berkitmek we öý işini tabşyrmakdan ybarat bolan zygiderliklerden durýan sistema ulanyldy.* Bu sistema boýunça sapak geçirmek mugallymlardan edilýän ýeke-täk talapdy. Emma SSSR-iň dargamagy we Türkmenistanyň Garaşsyz we baky Bitarap döwlet diýlip ykrar edilmegi bilen 1991-nji ýyldan soňra bilim sistemasynda öwretmegiň täze işjeň usullarynyň gözlegine başlanyldy. Bu öz gezeginde umumy bilim berýän orta mekdepleriň okuw sapaklarynyň düzüm böleklerine (strukturasy) özgertmeleriň girizilmegine, kämilleşdirilmegine täsir etdi.

*Häzirki zaman sapaklary* hem edil öňki okuw sapaklarynyň geçiriliş taryhyndaky ýaly maksadyny özünde jemläp, okuwçylara özüniň baş mün ýyllyk taryhy bolan, dünýä siwilizasiýasyna hemme taraplaýyn saldamly goşandyny goşan Türkmenlere mahsus bolan ylmylygy, edepliligi, ruhy belentligi, ynsanperwerligi, öz ata-Watanyna ýürekden berlenligi we ynsanlara mahsus bolan beýleki iň gowy häsiýetleri öwretmäge gönükdirilendir. Bu işleri amal etmegiň usulyýeti we onuň düzüm bölekleri dürli hilli bolup biler. Ýöne bu ýerde *häzirki zaman sapaklarynyň* sistemasyny takyklamakdan ötri anyklanylmalý meseleler bar.

Umuman aýdylanda islendik häzirki zaman sapaklaryny amal etmek üçin başda sapaga taýýarlyk döwründe 1.5.1-nji tablisa boýunça onuň zygiderligi takyklanylmalý.

**Sapagyň maksady.** Okuw sapaklaryny üstünlikli geçirmek üçin başda mugallymyň döredijiliginiň sapakdaky iň soňky *maksadyny*, ýagny onuň sapakda nämäni ýerine ýetirmek isleýändigini anyklamalý.



Sapagyň esasy maksady täze okuw materialyny okatmakdan däl ony okuwçylara doly öwretmekden ybaratdyr.

**Fizika sapagy.** *Sapak – munuň özi mugallym tarapyndan guramaçylykly, kesgitli wagtda elmydama kesgitli okuwçylar toparyna olaryň bilim derejeleriniň tapawutlylygyny hasaba alyp, meýilnama laýyklykda sistemalaýyn geçirilýän okuw–terbiýeçilik işidir.*

Umuman häzirki zaman fizika sapaklary, esasan, okuw materialyň mazmuny, öwretmegiň usulyýeti we serişdeleri, okuw prosesiniň geçirilişiniň görnüşleri bölümlerden durýar.

**Sapagyň mazmuny.** Fizikadan okuw sapaklaryna hakyky häzirki zaman öwüşgin bermek üçin okuw materialynyň mazmuny aşakdaky iki talaba laýyk bolmalydyr. Olaryň birinjisi – öwrediljek bilimiň mazmuny häzirki zaman fizika ylmyň derejesine laýyk bolmaly. Munuň üçin fizika mugallymy her bir sapagyň temasynda degişli maglumatlary diňe bir okuw kitabyndan almak bilen çäklenmeli däldir. Fizika mugallymy öz okuw dersi boýunça okuw kitaby hökmünde birnäçe kitap hödürlenen halatynda olaryň haýsysyny esasy hökmünde kabul etjekdigini we okuwçylara hödürlejekdigini kesgitlemeli. Ol okuw kitaby Türkmenistanyň ýerli şertlerinden gelip çykýan talaby ödar ýaly derejede ylmyň iň soňky gazananlaryny açyp görkezmeçlige ýardam etmelidir.

Häzirki zaman sapaklarynyň mazmunyna bolan talaplaryň ikinjisi – sapaklaryň düzümine degişlidir. Mugallym okuwçylaryň akyl we

amaly döredijilik ukyplaryny kesgitläp, öwrediljek bilimlerini düzümini, olaryň açylyp görkeziliş bölümlerini anyklamalydyr.

**Sapagy öwretmegiň usulyýeti we serişdeleri.** Sapak sistemasynyň ýene-de bir düzüjisi—öwretmekligiň usulyýetidir. Umuman iş ýüzünde her bir mugallym bu usuly özüniň düşündirip bilijilik ukybyna, okuwçylaryň taýýarlyk derejesine ýa-da özüniň ulanjak usulyýetine laýyklykda saýlaýar. Şol bir mugallym birmeňzeş okuw materialyny dürli synplarda şol bir saýlanan usulyýet boýunça öwretmeýär. Munuň sebäbi bu işe gatnaşýan okuwçylar köpçüliginiň üýtgemegi, olaryň döredijilik ukyplarynyň, bilim derejeleriniň tapawutlylygy mugallymyň fizikany öwretmekde önki ulanan usulyýetini üýtgedip, has güýçlendirmegi talap edýär. Bu durmuşda hut şeýle-de bolýar. Sebäbi islendik hünärmeniň, şol sanda mugallymyň hem, öz hünärine ussatlygynyň derejesi onuň kämilligiň örküjinden nireräkke durandygyna baglydyr.

Adatça, mugallymlaryň köpüsi öz hususy tejribelerine, pikirlenişlerine, öwretmegiň usulyýeti boýunça ýazylan gollanmalara eýerip, sapak geçýärler. Aslyýetinde mugallymlaryň öwretmegiň usulyýetiniň sistemalaryny, usulyýetiniň aýratynlyklaryny, öwretmegiň serişdelerini olary ulanmaklygyň artykmaçlygyny we ýetmezçiliklerini ykrar edip bilmekleri geçirilýän sapaklara häzirki zaman öwüşgin bermäge ýardam edýär.

Fizikany öwretmegiň didaktikasynda esasy orunlaryň biri sapakda görkezilýän fiziki eksperimentler tutýar. Bu türkmen halkynyň «Eşiden deň bolmaz gören göz bilen» diýen pähiminden hem gelip çykýar. Şonuň üçin fizika mugallymy sapagy öwretmegiň usulyýeti bilen bilelikde onda görkeziljek fiziki tejribeleri-eksperimentleri kesgitlemeli. Sapagyň haýsy bölümünde olaryň görkezilmek meýilleşdirilýändigini we nähili tertipde geçirmelidigini anyklamaly.

**Okuw prosesiniň geçirilişiniň görnüşi.** Okuw prosesiniň guraýyşy baglylykda sapagyň strukturasy (düzüm bölegi) kesgitli görnüşe eýedir. Sapaklary synplaşdyrmak, olaryň görnüşlerini, häsiýetlerini kesgitlemek didaktikanyň meselesidir. Sapaklaryň düzümine, geçirilýän bölegine, onuň mazmunyna, geçiriliş usulyna



baglylykda ol dürli hili synplaşdyrylýar (klassifikasiýalaşdyrylýar). Meselem M.I. Mahmytowyň hödürleýşine görä hemme sapaklary:

- täze okuw materialyny öwredilýän;
- bilimleri kämilleşdirilýän;
- umumylaşdyrylýan we sistemalaşdyrylýan;
- dürli çemeleşmeleri özünde jemleýän;
- başarnyklary, endikleri barlaýjy we düzediji bölekler bölýär.

Ýokarda bellenişi ýaly, hemme sapaklar bilen bir hatarda fizika sapagynyň hem esasy okuw dersini *okatmak däl-de, ony okuwçylara öwretmekden* ybaratdyr. Muny amala aşyrmaklyk täze öwredilen okuw materialynyň okuwçylar köpçüligi tarapyndan özleşdirilmeginiň, olarda özbaşdak gözleg döredijilikleriniň, bilesigelijilik endikleriniň oýandyryp bilinmeginiň yzygiderligine baglydyr. Fizikany öwretmegiň usulyýetinde fizika sapaklaryndan edilýän talaplar okuw- terbiýeçilik işleriniň guramaçylygyny hem-de okuwçylara endik, başarnyk bermekden we olary kämilleşdirmekden ybaratdyr.

Häzirki zaman okuw sapaklarynyň guralyş görnüşleri 1.5.2-nji tablisada getirilen.

Dürli döwletleriň orta mekdeplerinde umumylaşdyryjy we sistemalaşdyryjy sapaklar häzirki zaman sapaklaryna edilýän talaplaryň biri hökmünde soňky 5–10 ýylyň dowamynda ulanylyp başlandy. Aşakdaky 1.5.2-nji tablisada getirilen sapaklaryň görnüşlerini ulanmazdan okuwçylaryň aň edip bilijiliklerini başarnyklaryny ösdürmek mümkin däl.

*Umumylaşdyryjy* sapaklar bu tablisanyň başyndaky sapaklaryň hemme baş görnüşlerinde göz önünde tutulan maksatlaryň amala aşyrylmagyny üpjün edýär.

*Bilimleri barlamak we düzediş giriziji* sapaklary okuwçylaryň öwrenen bilimlerini we başarnyklaryny barlamak we olara talaba görä düzediş girizmek üçin zerurdyr. Käbir halatlarda bu hili sapaklaryň guralyşynyň beýleki görnüşleri hem ulanylyp bilner.

Ýokarda sanalyp geçilen sapaklaryň her biri mugallymyň we okuwçylaryň döredijiliklerine baglylykda dürli hili guralyp bilner.

Sapaklaryň görnüşleri	Sapaklaryň görnüşleri
Täze okuw materiallary öwrenilýän sapaklar	a) umumy; b) söhbet; ç) barlag görnüşindäki amaly; d) nazary barlaglary geçiriliş; e) garyşyk (şol bir sapakda ).
Bilimi, başarnygy we endigi kämilleşdiriş sapaklary	a) mesele çözmek; b) özbaşdak işleri (ýazuw ýa-da dilden); ç) laboratoriýa işleri; d) ekskursiýa; e) seminar;
1. Umumylaşdyryjy we sistemalaşdyryjy; 2. Kombinirlenen	Sapaklaryň hemme baş görnüşi
Bilimleri barlamak we düzediş giriziji sapaklary	a) dilden barlag (frontal, ýekebara, toparlaýyn); b) ýekebara ýazuw; ç) hasap; d) laboratoriýa hasap; e) barlag işi; j) garyşyk .

Fizika sapaklarynda okuw işlerinden edilýän talaplar aşakdakylardan ybaratdyr:

– her sapak fizikany öwretmekligiň birligi hökmünde ýüze çyk-maly. Bir sapak islendik beýleki sapakdan özüniň düzümi (strukturu-sy), maksady, mazmuny, ulanylýan serişdeleri, usulyýetleri we ş.m.-ler boýunça tapawutlanmalydyr;

– sapakda täze temany beýan etmekde dürli usulyýetlerden peý-dalanmak, okuw maglumatlarynyň iň bir zerur bolan bölegini anykla-mak, durmuş bilen baglanyşdyrmak, ündelýän okuw maglumatlaryna degişli okuwçylaryň özbaşdak işläp biljek ýumushlaryny ýüze çykar-mak ýaly wezipeleri berjaý etmegi gazanmalydyr;

– sapakda didaktikanyň hemme düzgünleri berjaý edilmelidir;

– mugallym diňe okuw kitaplaryndaky maglumatlary beýan etmek bilen çäklenmän, eýsem, öwrenilýän material bilen baglanyşykly pudak boýunça ylmyň täze gazanan üstünliklerini we öňde duran çözülmeli meseleleri beýan etmegi utgaşykly alyp barmalydyr;

– sapagyň düzümi ozaldan kesgitlenen we maksady aýdyňlaşdyrylan bolmalydyr. Onuň bir basgançagyndan beýlekisine geçmek, takyk logiki yzygiderlikde alnyp barylmaladyr.

*Sapagyň düzümi diýip*, okuw geçirilýän wagtda ýüze çykyan we onuň maksada gönükdirilen täsirini üpjün edýän sapagyň bölekleriniň özara täsiriniň dürli ýollarynyň toplumyna düşünilýär;

Fizikadan görkezme tejribelerini geçirmek we ÖTS-lerinden peýdalanmak; Sapagyň guralyşy onda okuw materialynyň beýan edişi, okuwçylaryň özbaşdak işleriniň geçirilişi we ş.m.-ler okuwçylar köpçüliginiň umumy ýetişigine laýyk gelmelidir.

**Tejribe işlerinden edilýän talaplar:** – okuwçylaryň ideýa syýasy taýdan kämilliligini, olarda dialektiki dünýägaraýşyň kemala gelmegini gazanmagyň, çagalaryň Watana wepaly bolmagyny, olara politehniki hünär bermekligi, ýaşaýşyň düýp manysynyň zähmetdegini, öz Watanyňy zähmet bilen gületmekdedigini, ahlak taýdan arassalykdadygyny düşündirmekden we ösdürmekden ybaratdyr. Geçirilýän fiziki tejribeler, eksperimentler howpsuzlyk, ekologiki talaplaryna laýyk gelmeli.

### **Endik we başarnyk boýunça edilýän talaplar:**

– okuwçylara berilýän nazary bilimiň esaslaryny amaly işlerde düşündirmegi başarmakdan;

– köpçülikleýin öýe berlen ýumuşlar boýunça her bir okuwçynyň özbaşdak ukybyny hasaba almakdan;

– her bir sapakda türgenleşik geçirmek arkaly okuwçylaryň endikleriniň çuňlaşmagyny we başarnyklarynyň ýokarlanmagyny gazanmakdan ybaratdyr.

Okuw sapaklaryna ýokarda görkezilen talaplaryň kä biriniň şol bir sapaklarda berjaý edilmezligi hem mümkin. Şonuň üçin hem her bir sapakda göz önünde tutulýan baş kesgitleýjiler bolmaly we olaryň ýerine ýetirilmegi hökmanydyr.

**Ekskursiýa sapaklaryna edilýän talaplar:** bu sapaklar – 1927-nji ýyldan bäri mekdep okuw işleriniň bir şahasy hökmünde ulanylýar. Ekskursiýalar okuw terbiýeçilik işlerinde, politehniki bilim bermekde, hünär saýlamakda we okuw materiallaryny çuňňur özleşdirmeklige gönükdirilendir. Ekskursiýalar fizikanyň diňe bir nazary bilim däl-de, onuň praktikada, önümçilikde giňden peýdalanylýandygyny onuň tehnika, önümçiligi ösdürmäge ýardam berýändigini ykrar etmekligi okuwçylara öwredýär.

### **1.5.3. Fizika sapagyň strukturasy bütewi sistema hökmünde**

Pedagogiki sistemanyňky ýaly sapagyň hem dürli böleklerden ybarat bolan strukturasy bar. Olar: giriş, guramaçylyk, geçilen sapagy soramak, täze temany düşündirmek, görkezme tejribelerini ulanmak, täze geçilen temany berkitmek (mesele çözmek) we öý işlerini tabşyrmak böleklerden durýar. Agzalan bölekleriň arasyndaky özara baglylyk sapagyň ýeke-täk sistemasyny düzýär.

Aslyýetinde sapagyň strukturasy *didaktiki, logiko – psihologiko we usulyýet (metodiki)* atlandyrylýan üç derejeden ybarat. Umuman, bizi fizikany öwretmegiň usulyýetiniň gyzyklandyryandygy üçin sapagyň strukturasyň usulyýetine seredeliň.

Dürli görnüşdäki sapaklaryň strukturalary birmeňzeş däl. Hatda şol bir okuw materialyny ulanyp, şol bir didaktiki meseläni çözüň dürli sapaklaryň düzümi bölekleri we strukturasy birmeňzeş bolman biler. Munuň sebäbi, oň bellenilişi ýaly, dürli synplardaky okuwçylaryň taýýarlyk we psihologik derejeleri dürlüdür. Galyberse-de şol bir sapak okuw rasypaniýesinde dürli sagatlarda geçirilýändigini üçin okuwçylaryň akyly döredijiligi soňky sagatlarda peselýär. Bu bolsa, şol bir sapagyň strukturasyň dürli synplarda dürli hilli saýlanmagyna getirýär. Diýmek, hemme hallar üçin ýaramly bolan ýeke-täk çemeleşme ýok. Bu ýerden bolsa mugallymyň her bir sapaga çemeleşmesi onuň öz hünärine we pedagogiki ussatlygyna baglydyr.

Aşakda adaty täze temany düşündirilýän bir fizika sapagyň strukturasy we mugallymyň usuly işiniň guralysynyň çyzgysyna seredeliň (*1.5.3-nji tablisa*).



**1. Öňki bilimleri we başarnyklary işjeňleşdirmek** – okuwçylaryň öň eýe bolan hemme bilimlerini ulanyp, olaryň bilesigelijiligini mugallym tarapyndan barlanylmagydyr. Köplenç, mugallymlar XXI asyryň başlaryna çenli dowamly ulanylan öwretmegiň usulyýetinde okuwçylaryň öňki bilimlerini we başarnyklaryny barlamagy bilimleri işjeňleşdirmek hasaplaýarlar. Ýöne ol elmydama beýle edilişi ýaly däl. Bilimi artdyrmak sözüň esasy manysy, şol sapak boýunça okuwçylaryň akyl ýatlarynyň üstüni goşmaça täze maglumatlar bilen doly ýetirmekdir. Mundan başga-da, bilimi artdyrmaklyga okuwçylaryň öwredilýän tema bolan psihologik taýdan taýýarlygy we gyzyklanmagy üçin emosional duýgulary oýandyrmak diýip düşünilýär. Mugallym sapagyň bu böleginde bütin synpyň we aýry-aýry okuwçylaryň täze öwrediljek tema boýunça maglumatlary kabul etmäge taýýarlyk derejesine göz ýetirmeli.

Sapagyň başynda mugallymlar okuwçylaryň öňki okuw materialyny nähili derejede özleşdirediklerine göz ýetirmek üçin sorapýarlar. Rus pedagogy W.A. Suhamlinskiý «Köp sapaklaryň uly ýetmezçiligi sapagyň başlangyç bölümindäki öý işlerini barlamaga harç edilýän wagtyň bisarpa ulanylýandygyndan gelip çykýar. Hut şu ýerde sapagyň maksada okgunlylygyna kem baha garalýar. Mugallym sapagyň başynda 15–20 minutlap üç-dört okuwçydan öýe tabşyrylan ýumşy sorap, baha goýýar. Synpdaky galan okuwçylar bolsa bu wagt aralygynda hiç zat edenoklar.... Gaýtam olar, mugallym indi kimden sorarka diýip, tä indiki familiýa tutulýança pikirlenip garaşýarlar. Mugallym sorajak okuwçysynyň familiýasyny agzan dessine, synp okuwçylary üstündäki ýük düşürilen ýaly ýeňillik duýup, öz işleri bilen meşgullanyp başlaýarlar» diýip belleýär.

Hakykatda bolsa munuň ýaly usulda geçirilen sorag düýpden netijesizdir. Umuman okuwçylar her sapagyň ilkinji 20 minutynda iň işjeň halda bolýarlar. Mugallymlar bolsa okuwçylaryň iň netije-

li işläp biljek wagtyňy öý işlerini barlamaga harçlaýarlar. Mugallymlar öwretmegiň özeni hasaplanylýan täze temany düşündirmegi okuwçylaryň bilesigeliginiň, akyl paýhaslarynyň kütelişen, sapagyň ikinji ýarymynda geçirýärler. Bu usulyýeti fizika mugallymlaryň köpüsi diýen ýaly ulanýarlar.

Bu säwligi düzetmek üçin fizikany öwretmegiň usulyýeti boýunça ýazylan edebiýatlarda okuwçylaryň işjeňligini sapagyň başyndaky 5–10 minut wagtyň dowamynda guramagy maslahat berilýär.

Rus pedagogi W.F. Şatalow hususy gözegçilikleriniň esasynda her bir okuwçynyň günün dowamynda ortaça sapakda gürleýän (dilden jogap berýän) wagty, takmyn, 2 minutdan köp däl diýip hasaplaýar. Islendik okuw dersi ýaly fizikany hem öwrenmek üçin okuwçylaryň onuň dilini kämil bilmegi zerur. Şonuň üçin dilden soramaklyk okuwçylaryň dilini kämilleşdirmegiň usullarynyň biri hökmünde hasaplanylýar.

Sapakda mugallymyň okuwçylaryň bilimini barlamak üçin goýýan sowallary oňa berlen jogabyň az sözli bolmagynyň önüni almalydyr. Okuwçylar fizikanyň gepleşik dilini kämil derejede ele almaly. Bu işe synp okuwçylarynyň köpüsi çekilmeli. Olaryň fizikany öwrenmeklerini we diliniň çeperleşmegini – kämilleşmegini gazanmaly.

Okuwçylaryň bilimini barlamakda mugallym dilden ýekebara, ýazuw üsti bilen frontal, testleri ulanyp, toparlaýyn, ýagny dürli usulyýeti ulanýar. Fizika sapagynda okuwçylaryň bilimini işjeňleşdirmegiň usullarynyň biri olar bilen meseleler çözmekdir. Fiziki meseleleriň çözülişi ara alnyp maslahatlaşylanda we derňelende okuwçylaryň ön eýe bolan bilimine göz ýetirilýär, başarnygy barlanylýar we olary täze öwreniljek maglumatlara taýýarlanylýar.

**2. Täze bilimleri we başarnyklary kemala getirmek** – sapagyň merkezi ýagny esasy bölegi bolup, ol täze temany öwretmekdir. Bu bölümde goýlan maksatlary amal etmekde mugallym sapagyň strukturasyny, serişdelerini, usulyýetini we okuw prosesiniň guramaçylygyny saýlaýar. Mugallymyň täze sapagy geçirmekde saýlan usulyýetine baglylykda okuwçylar özbaşdak gözlege we döredijilik problemalary çözmeklige çekilip bilner.

Başda mugallym okuwçylar tarapyndan özleşdirilip bilinjek bilimiň esasy düzüjilerini kesgitlemeli. Bu düzüjiler netijeler, fiziki düşüňjeler, kanunlar, täsir baradaky düşüňjeler we şuna meňzeşler bolup biler. Ýöne, täze sapak öwredilende olaryň sany iki-üçden artyk bolmaly däl. Geljekki mugallymy taýýarlamagyň ilkinji usuly ädimleri şundan ybaratdyr.

Mugallym sapak düşündirmekde bilimiň täze düzüjilerini girizmek üçin demonstrasiýa tejribelerini, matematiki tilsimlerini deňeşdirmе – analogiýa we köp sanly öwretmegiň beýleki serişdelerini ulanýar. Okuw materialynyň esasy we esasy däl böleklerini okuwçylaryň aýdyňlaşdyrmaklary, olaryň arasyndaky baglanyşyklary ykrar etmekleri, görmekleri üçin öwredilýän maglumatyň strukturasy (gurluşy) saýlanylmalydyr. Mugallymyň täze okuw materialyň mazmuny bilen baglanyşykly işinde ikinji ädim onuň okuw materialyň strukturasyň logikasyny işläp düzmegidir. Okuw materialynyň logikasyna sapagyň berlen bölümünde mugallymyň usulyýetleri we serişdeler sistemasyny saýlap bilmegi girýär.

Fizika mugallymyň önünde ýerine ýetirmegi talap edýän ýene-de bir mesele bar. Ol hem onuň okuwçylara täze öwrediljek materialyň aýdyň obrazyna – şekiline düşünmegidir. Mysal üçin, okuwyň I basgançagynda okuwçylary fizika sapagyny diňläp, depderlerinde, takmyn, hiç hili maglumat bellemän gidýän wagty köp bolýar. Hatda mugallym fizika sapagynda geçilen kanunlaryň kesgitlemesini ýa-da wajyp hadysany okuwçylaryň depderine ýazdyrmagy ýagdaýy üýtgedenok. Sebäbi, bu kesgitleme we hadysa okuwçynyň okuw kitabynda bar we onuň goşmaça bellenilmeginiň täsiri az. Esasanam, uly synplarda bu alada gaty ýiti duýulmaýar. Sebäbi, okuwçylara tanyş bolan matematiki logikany fizika okuw dersindäki täze düşüňjelere, kanunlara, hadysalara düşünmäge ulanmak mümkinçiligi okuwçylarda bolýar. Ondan başga-da, okuwyň II basgançagynda eýýäm okuwçylaryň aň edip bilijilik ukyby okuwyň I basgançagyndaky okuwçylaryňkydan has ýokarydyr. Şonuň üçin hem, ýokary synplarda fizika mugallymynda çyzgylary, tablisalary we öwredilýän maglumatlary umumylaşdyrmak we olaryň aýdyň şeklini göz önüne getirmek mümkinçiligi döreýär.

**3. Taze bilimleriniň we başarnyklaryň ulanylyşy** – bu okuwçylaryň täze öwredilen maglumatlary, eýe bolnan bilimleri we başarnyklary amaly işlerde ulanyp bilmeklerine baglydyr. Okuwýň bu bölümünde mugallym geçilen okuw materialyny okuwçylar bilen ara alyp maslahatlaşýar, okuw kitaby bilen işleýär, hil we mukdar meselelerini çözüýär we ş.m. işleri geçirýär. Şonuň ýaly hem mugallym bu döwürde täze we öň geçilen materiallary umumylaşdyryp we sistemalaşdyryp bilýär. Umuman okuwýň bu bölümüniň guramaçylygy edil beýleki bölümlerde bolşy ýaly, mugallymyň döredijilik ukybyna baglydyr.

**4. Öý işleri** – okuwçylaryň özbaşdak synpdan daşary geçirjek işleriniň toplумы.

Bu ýerde sapagyň strukturasynyň edil 1.5.2-nji çyzgydaky yzygiderlikde bolmagy hökman dældigini bellemeli. Meselem, öý işleri sapagyň başynda hem berlip bilner. Öý işleriniň berilmegine garşy bolýan käbir mugallymlar we alym usulyýetçiler hem duşýar. Ýöne öwretmegiň usulyýetinde öý işleri okuwçylaryň özbaşdak işleri we bilim çeşmesiniň esasyalarynyň biri hasaplanylýar. Ol umumy okuw düzgünleriniň okuwçylarda hususy endigine öwrülmeğini, özbaşdaklyk, jogapkärçilik, we kynçylygy zähmet çekmek bilen ýeňip geçmek ýaly häsiýetleri terbiýeleýär.

Öwretmegiň usulyýeti boýunça geçirilen gözegçilikleriň, barlaglaryň esasynda öý işleri her okuwçynyň şahsy ukybyny, başarnygyny hasaba alnyp, dürli çylşyrymlylykda berilmegi zerur hasaplanylýar.

#### **1.5.4. Fizikadan beýany, amaly we umumylaşdyryjy sapaklar**

**Beýany sapaklary** – soňky döwürlerde fizika-matematika ugurlar boýunça ýöriteleşdirilen mekdeplerde geçirilip başlanyldy. Bu hilli sapaklarda okuwçylaryň bilimi barlanylmaýar. Fizika mugallymy 45 minutlap okuwçylara maksatnama laýyklykda geçmeli temalary öwredýär. Bu hilli sapaklarda hem edil adaty sapaklardaky ýaly fizikadan degişli eksperimentleri, ÖTS-lerini ulanýar we didaktikanyň beýleki talaplaryny ýerine ýetirýär.



Beýany sapaklarda okuwçylaryň borjy öwredilýän temany dolulygyna kabul etmek, özleriniň akyl paýhaslaryny, başarnyklaryny jemläp, sapakda açylyp görkezilýän maglumatlara düşünmekden, depderlerine degişli ýazgylary bellemekden ybaratdyr. Beýany sapaklarda hem okuwçylar tarapyndan sapagyň çylşyrymly, düşnüksiz pursatlarynda mugallyma soraglar bilen ýüzlenýärler. Adatça, beýany sapaklar okuwyň II basgançagynda geçilýär.

**Fizikadan umumylaşdyryjy sapaklary** – özüniň köp taraplary bilen adaty gaýtalama-umumylaşdyryjy sapaklaryndan tapawutly bolan sapagyň täze görnüşidir. Däp bolup galan öňki geçilýän gaýtalama-umumylaşdyryjy sapaklaryň maksady geçilen okuw materiallaryny gaýtalamak, berkitmek we ony tablisalaryň, plakatlaryň kömegi bilen kesgitli sistemada umumylaşdyrmakdan ybaratdyr. Bu sapaklar fizikanyň kesgitli bölümleri geçilip gutarylandan soňra guralýar. Gaýtalama-umumylaşdyryjy sapaklaryň maksadalaýyklygy şübhesizdir we ol fizika mugallymlary tarapyndan giňden ulanylýar.

*Fizikadan umumylaşdyryjy sapaklary* – beýleki sapaklaryň görnüşlerinden we nusgalaryndan özüniň düzüjileriniň strukurasy bilen tapawutlanýan bütewi sistemadyr.

Umumylaşdyryjy sapaklaryň maksady ilkinji nobatda okuwçylaryň bilimini umumylaşdyrmakdan ybaratdyr. Bu sapaklarda kesgitli temalar ýa-da fizika kursunyň bölümi boýunça okuwçylaryň bilimini logiki ýapyk, bütewi sistema hökmünde göz önüne getirilýär. Bu sistemanyň aýratyn elementleri bolan gözegçilik hadysalary, tejribeler, fundamental fiziki eksperimentler, düşüňjeler, kanunlar, fizikanyň usulyýetleri we ş.m.özara baglanyşykly we strukturalaşdyrylan bolmalydyr. Fizikadan umumylaşdyryjy sapaklaryň gaýtalama sapaklaryndan ýene-de bir tapawudy, ol hem bu sapaklarda okuwçylaryň ön eýe bolan bilimleriniň çuňlaşdyrylmagydyr.

Bu ýerde gürrüň bilimi çuňlaşdyrmaga täze elementleriniň girizilmegi barada gidenok (ýöne ony ulanmaklygy düýpden inkär hem edilenok), gürrüň seredilýän hadysalaryň düýp özeni, esasy häsiýetleri, bilimiň ýönekeýden çylşyrymly geçmegindäki baglanyşygy onuň strukturasyna siňdirmek barada barýar. Diýmek, fizika bilimiň elementlerini strukturalaşdyrmak ideýasynyň esasy umumylaşdyryjy

sapagyň mazmunynyň usulyýetini (metodikasyny) işläp düzmekden ybaratdyr.

Umumylaşdyryjy sapagy bölümiň başynda hem geçirilip bilner, ýöne ol sapakda okuwçylara bilim berilmän, indiki täze geçiljek temalar umumylaşdyrylýar. Bilimi umumylaşdyрма islendik görnüşdäki sapaklarda, temalarda geçirilip bilner.

Orta mekdepde fizikanyň nazaryýetini ( nusgawy mehanikany, termodinamika we statfizikany, elektrodinamikany, kwant fizikany) fundamental derejede umumylaşdyrmak mümkin däl. Nusgawy mehanikany we molekulýar–kinetik nazaryýetlerini umumylaşdyrmaklygyň zerurlygy, takmyn ýok, sebäbi bu kurslar mekdep fizikasynyň okuw kitabynda aýdyň açylyp görkezilen. Elektrodinamikanyň kanunlaryny umumylaşdyrmak oňnositel çylşyrymly, kwant fizikasyny bolsa umumylaşdyrmak asla mümkin däl. Nazary umumylaşdyrmany şahsy aýrylykda, ýagny kiçi bölekler mysal üçin, elektrostatika, metallaryň elektrik geçirijiliginiň nusgawy nazaryýeti, ýörite oňnositellik nazaryýeti (ÝON), Rezerfordyň-Boruň nazaryýeti we ş.m. fizikanyň esasyynyň düzümine girýän nazaryýetler boýunça geçirmeklik maksadalaýykdyr.

Bilimleriň strukturasynyň dinamikasyny *tejribe kepilnamalary – nazary netijeler – eksperiment* dinamikasy tertipde umumylaşdyrmagyň guralmagy okuwçylaryň aňlamaklaryny we terbiýe almaklaryny has hem maksada okgunlaşdyrýar.

Aşakda 1.5.4-nji tablisada orta mekdepde «Atomyň gurluşy» tema boýunça okuw materialynyň umumylaşdyrylyşynyň mysaly görkezilen.

Okuwçylar bilen umumylaşdyryjy sapaklar barada maslahatlaşylanda ilkinji nobatda aňlamaklyga we soňky täze nazaryýetiň döremeginde başlangyç kepilnamalaryň tutýan ornuny nygtamaly. Başdaky kepilnamanyň esasynda oňki gurluşy boýunça oň hödürlenen Tomsonyň modeliniň inkär edilmegine we oňa derek Rezerfordyň planetar modeliniň, ulanylyp gelnen nazaryýetiň täze hadysany düşündirip bilmeýändigini sebäpli täze nazaryýetiň döreyändigini düşündirmeli. Bu babatda 1.5.4-nji tablisa laýyklykda  $\alpha$  (alfa) bölejikler bilen Rezerfordyň geçiren tejribesi atomyň soňra bolsa Boruň postulatlarynyň döremegine sebäp boldy.

Kepilnama	Gipoteza	Nazary netijeleri	Eksperiment
Rezerfordyň $\alpha$ bölejikleriň dargamasy boýunça tejribesi	Tomsonyň modeli. Rezerfordyň planetar modeli. Boruň postulatlary	Atomyň durnuklylygynyň düşündirilişi. Spektral kanunalaýyklyklar	Frank-Gersiň tejribesi

Okuwçylara iki gapma- garşylyklaryň, ýagny köne nazaryýet bilen tejribäniň esasynda täze ylmy öňegidişligiň, gipotezanyň döreýändigini düşündirmeli.

Rezerford we Bor tarapyndan hödürlenen gipotezalaryň esasynda wodorodyň atomynyň nazaryýetiniň gurulmagy agzalan gipotezalaryň nazary netijesidir. Bu işlenen nazaryýetiň eksperimental tassyknamasy hökmünde atomyň nazaryýetiniň dogrulygynyň we onuň gös-göni eksperimental kepilnamasy Frank-Gersiň tejribesidir.

Ýokarda getirilen fizikadan umumylaşdyryjy sapaklaryň strukturasy aňlamaklygyň logikasynyň yzygiderligi boýunça guraldy. Umumylaşdyryjy sapaklaryň strukturalarynyň saýlanylyşynyň başga-da usullary bar. Munuň ýaly usullaryň biri hökmünde fizikanyň «Elektrostatika» bölümi boýunça logiki yzygiderlikde gurlan umumylaşdyryjy sapagyň strukturasy 1.5.5-nji tablisada getirilen. Bu getirilen logiki-strukturada okuw materiallary öwretmegiň logiki yzygiderliginde we onuň esasy bölekleri arasyndaky baglanyşyk okuwçylaryň ünsli düşünmeklerine ýardam berer ýaly tertipde görkezilen.

Diýmek, fizika sapagy boýunça umumylaşdyryjy sapaklaryny guramakda mugallym ilkinji nobatda okuw materiallarynyň haýsy aladalaryny çözmelidigini we ony strukturalaşdyrmagy kesgitlemeli. Soňra bolsa bu hilli sapaklary geçirmegiň usulyýetini saýlamaly.

**Amaly sapaklar** – öwretmegiň didaktikasynda esasy bilim çeşmeleriniň biri hasaplanylýar. Ol sapaklarda ulanylýan mese-

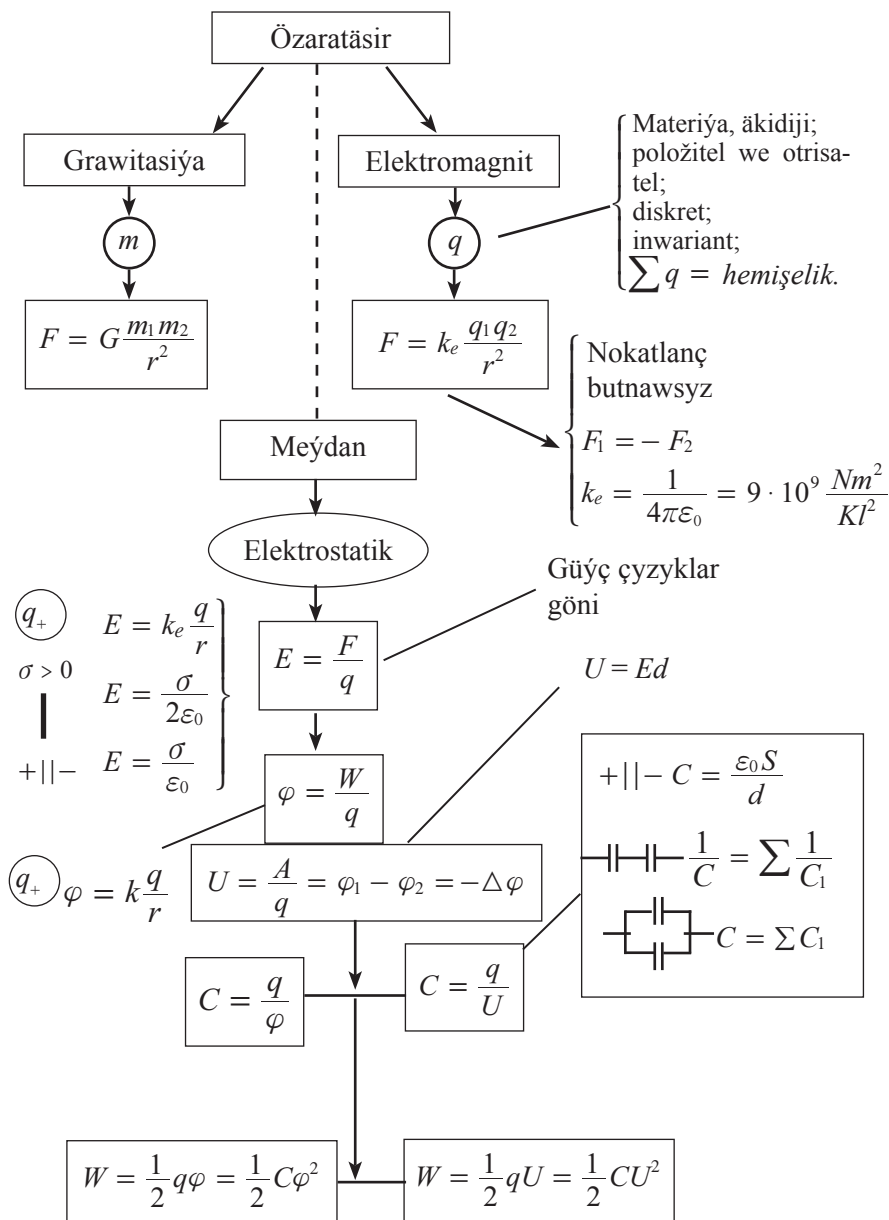
leler okuwçylar tarapyndan fizika, matematika we beýleki özara baglanyşykly okuw dersleri boýunça eýe bolnan bilimlere daýanyp çözüler ýaly bolmalydyr. Mugallym sapaga taýýarlananda okuwçylara hödürlenjek meseleleri öňünden özi çözüp, usulyýet taýdan derňäp, ondan gelip çykýan netijeleri anyklamalydyr. Okuwçylar bilen çözülýän her bir fiziki mesele olarda täze başarnygy, ukyby nazary bilimi we amaly endigi ösdürmeklige ýardam bermelidir. Her bir mugallym bu agzalanlary öňünden özi duýmalydyr.

Bu sapaklarda okuwçylar eýe bolnan nazary bilimlerini we başarnyklaryny iş ýüzünde ulanýarlar, netije çykarýarlar.

Okuwçylar beýany we adaty sapaklarda umumy görnüşde öwrenilen nazary bilimleriniň şahsy hallaryna degişli meseleleri çözüp, olara göz ýetirýärler.

Amaly sapaklaryň goýlan maksatlaryna baglylykda **adaty we türgenleşik** atlandyrylýan iki toparý belli. Adaty amaly sapaklary okuw maksatnamasyna girýän temalar boýunça geçirilýär.

**Türgenleşik amaly sapaklaryny** dogry we maksadalaýyk guramak üçin mekdep fizikasynyň esaslary hasaplanylýan hatda käbir halatlarda çylşyrymly matematika tilsimleri talap etmeýän ýokary mekdepleriň meýilnamasyna girýän temalar boýunça hem meseleler çözmeklik maslahat berilýär. Bu işleri amala aşyrmaga girişmekden öň okuwçylar ol temalar boýunça nazary maglumatlar bilen tanyşdyrylmaly. Mysal üçin, okuwçylary fizikadan döwlet, halkara bäsleşiklere taýýarlamak üçin guralýan türgenleşik okuwlarynda «Elektrostatika» bölümünde egrilik radiusy deň bolmadyk üstler, uzynlyk ýa-da göwrüm boýunça paýlanan zarýadlaryň döredýän elektrik meýdanlarynyň güýjenmesini kesgitlemegiň aňsat usullarynyň biri Ostrogradskiniň we Gaussyň teoremasyny ulanmakdyr. Ýöne bu teorema umumybilim berýän mekdepleriň okuw maksatnamasyna girmeyär. Şeýle-de bolsa, ol teoremany «Ýapyk üstden geçýän elektrik meýdanyň  $E$  güýjenmesiniň  $E\Delta S$  akymy bu üsti çäklendirýän, ýagny onuň jähgi bolup hyzmat edýän  $I$  halkanyň içindäki zarýadlaryň algebraik jeminiň bu ýerdäki sredanyň dielektrik syzyjylygyna we



elektrik hemişelige bölünmegine deňdir we şu  $\left(E\Delta S = \frac{\sqrt{q}}{\varepsilon_0 \varepsilon}\right)$  görnüşinde ulanyp bolar. Agzalan teoremany ulanmak bu tema degişli meseleleri çözmekligi juda aňsatlaşdyrýar. Edil şeýle çemeleşip, «Aýna şekil usulyny», «Doly toguň kanunyny» we ş.m. kanunlary we kanunalaýyklyklary ulanyp, ukyply okuwçylar toparyna dürli çylşyrymlylykdaky meseleleri çözmegiň tärlerini öwredip bolar.

### 1.5.5. Fizikadan adaty, barlag, tejribe işlerine mugallymyň taýýarlygy

**Fizika mugallymyň adaty sapaga taýýarlygy.** Sapagyň maksady takykklananyndan soňra mugallym özleşdirmeli materialyny topaýar. Bu maksada görä ol başda üns bilen okuw kitabyndan öwretmeli temanyň we ony düşündirmek üçin zerur goşmaça materialyň göwrümini kesgitleýär. Okuw kitaby bilen içgin tanyşmaklyk mugallyma okuwçylar üçin düşünmesi çylşyrymly soraglary anyklamaga, synpda okuwçylar bilen işlemeklige we öýe tabşyrmaly ýümuşlary saýlamaga mümkinçilik berýär. Mundan soňra mugallym öwrediljek tema degişli materiallary özünde saklaýan ylmy – köpçülikleýin edebiýatlar bilen tanyşýar. Soňra mugallym geçiriljek sapagyň düzümini we onuň geçiriliş usulyýetini kesgitleýär.

Fizikadan sapaga taýýarlanylanda geçiriljek tema degişli demonstrasiýalary mugallymyň hut özi bir gün önünden geçirip görmelidir.

Bu işler ýerine ýetirilenden soňra fizika mugallymy sapagyň meýilnamasyny taýýarlamaklyga girişýär.

**Sapagyň ýazgysy we meýilnamasy.** *Sapagy meýilleşdirmegiň maksady okuwyň guramaçylygyny, onuň okuw-terbiýeçilik meselelerini bir sapakda, kesgitli synpda okuwçylaryň taýýarlyk derejelerini, ukyplaryny, mekdebiň üpjünçiligini hasaba alyp, taýýarlyk işlerini üstünlikli ulgamlaşdyrmakdan ybaratdyr.*

*Sapagyň meýilnamasynyň aşakdaky düzüjileri bolmalydyr:*

Görkezme esbaplardan peýdalanmak okuwçylara gürrüň edilýän jisimler barada takyk düşüňjeleri almaklyga ýardam berýär. Bu ýer-

de plakatlar hökmünde ýörite taýýarlanan çyzgylardan peýdalanmak, mugallymyň wagtyňy tygşytlaýar. Umuman olary öwretmegiň II basgançagynda ulanmak maslahat berilýär.

**Görkezme tejribelerinden (demonstrasion eksperimentlerden) peýdalanmak.** Fiziki görkezme tejribeleriniň esasy maksady seredilýän prosesleriň geçiş dinamikasyny synpda görkezmek bolup, ol gözegçilik ýatkeşligini artdyrmaklyga, hadysanyň fiziki mazmunyna düşünmeklige, tejribe esasyda alnan kanunalaýyklyklaryň açylyş taryhlaryny öwrenmäge, galyberse-de fiziki ylmy barlaglaryň geçirilişine girişmekligi ündemeklige ýardam berýär. Gözegçilik etmeklik, tejribeleri takyk guramaklygyň tilsimlerini öwrenmeklik esasan hem, ýokary synplarda okuwçylaryň ylmy işlere gyzyklanmasyny döredýär.

### 1.5.6. Fizikadan ekskursiýalar

Mekdep okuwçylar köpçüligini dürli senagat kärhanalaryna, fabriklere guralýan ekskursiýalar ilkinj nobatda fizikanyň kanunlarynyň senagatda ulanylyşyna göz ýetirmek we okuwçylarda hünär saýlama-ga ilkinji çemeleşmeleri döretmekdir.

Ekskursiýalaryň göwnejaý, maksadalaýyk geçirilmegi üçin başda mugallym mekdebe ýakyn ýerleşen kärhanalary göz önünde tutmaly. Ol kärhanalarda ulanylýan fizika prosesleriň, hadysalaryň sanawy bilen özi tanyşmaly. Soňra haýsy synp we näçe okuwçyny oňa çekmelidigini edaralaryň (mekdep we kärhana) ýolbaşçylary bilen resmi ýagdaýda ylalaşmaly. Bu işler amala aşyrylandan soňra fizika mugallymy ekskursiýa guraljak kärhana barada, ekskursiýa wagtynda okuwçylar tarapyndan berjaý edilmeli tehniki howpsuzlyk düzgünini düşündirmeli we okuwçylaryň ol düzgüni berjaý etjekdikleri barada gol çekdirmeli. Ekskursiýa gatnaşjak okuwçylaryň sany 15–20-den köp bolmaly däl we oňa mümkin bolsa iki mugallym ýolbaşçylyk etmeli. Ekskursiýa tamamlanandan soňra mekdepde oňa gatnaşan okuwçylar bilen ol barada maslahatlaşmaly, pikir alyşmaly.

Aşakda 1.5.6-njy tablisada umumybilim berýän orta mekdepleriň okuw maksatnamanyň käbir bölümleri boýunça etrap merkezlerinden

daşda daýhan birleşiklerde ýerleşen orta mekdepleri üçin fizikadan ekskursiýanyň mümkin bolan obýektleri getirilen.

Awtotraktorlaryň elektrik enjamlary bilen tanyşdyrmagy hem X synp okuwçylary üçin ekskursiýa hökmünde ulanyp bolar. Ekskursiýa geçirilmeli ýer (obýekt) hökmünde mekdebiň howlusyndaky awtomobil hem ulanylyp bilner.

*1.5.6-njy tablisa*

<b>Basgan- çaklar</b>	<b>Okuw maksatnamasynyň bölümleri</b>	<b>Ekskursiýa geçirilmeli kärhanalar</b>
<b>I başgançak</b>	Giriş. Maddanyň gur- luşy barada ilkinji maglumatlar. Jisimleriň özara täsiri	Daýhan birleşikleriň, Oba hyzmat- laryň maşyn-traktor bejeriş ussahana- lary.
	Gaty jisimleriň, suwuklyklaryň we gazlaryň basyşy	Ýangyn howpsuzlyk gullugyndaky nasoslaryň işleri. Suw geçiriji desga lar. Traktorlaryň, awtomobilleriň, kombainlaryň gidrosistemalary. Süýt sagyjy gurluşlar
	Iş we kuwwat. Energiýa	Gurluşyk meýdançalary. Göteriji kranlar. Gidrotechniki gurluşyk. Ýel dwigatelleri (hereketlendirijileri)
<b>II başgançak</b>	Elektromagnit yrgyl- dylary we tolkunlary	GRESLER, TESLER. Transformator. Etrap radio eşitdiriş stansiýalary. Elektromagnit tolkunlaryny kabul edip gaýtdan çüýçlendirip, efire şöhlelendiriji stansiýalar

### **1.5.7. Fizikadan fakultatiw sapaklary**

Fizika boýunça fakultatiw sapaklary ýörite mugallymlar maslahatynda, welaýat, etrap bilim bölümleri bilen ylalaşykda kabul edilen ugurlar boýunça guralyp, dowamlylygy 2 ýa-da 4 çärýek bo-



lan okuwdyr. Fakultatiw okuwlary umumy sapaklarda alnan bilim-leri çünlaşdyrmaklyga gönükdirilen öwretmekligiň täsirli differensiallaşdyrylan (ýekebaralaşdyrylan) görnüşi bolup, onda kimiň okamalydygyny saýlamak islegi okuwçylaryň özlerine berilýär. Fakultatiw okuwda okuwçylar fizika boýunça özleriniň öň eýe bolan bilimlerinden daşary çuň, gyzykly we täze maglumatlara garaşýandyklary üçin bu okuwy geçirýän mugallymyň jogapkärçiligi örän uludyr.

Edil umumy sapaklaryň geçirilişi ýaly, fakultatiw sapaklary hem öwretmekligiň dürli usulyýetlerini ulanyp geçirilýär. Olar:

- ýörite mugallym tarapyndan saýlanan temalar boýunça okuwçylar bilen geçirilýän seminar sapaklary;

- okuw kitaplarynyň sanawyna girmeyän, ýörite edebiýatlar boýunça we internet ulgamyndan peýdalanylan okuwçylaryň özbaşdak işleri;

- dürli temalar boýunça referatlary ýazmak;

- fizikadan tejribe işlerini geçirmek;

- bäsleşik meselelerini çözmek işleri bolup biler.

Umuman aýdylanda okuwçylaryň döredijilikli özbaşdak başarnygyny ösdürmäge gönükdirilen usulyýetlerdir.

Fakultatiw sapaklarynyň girizilmegi orta mekdepleriň aşakdaky birnäçe wajyp meselelerini çözdü:

- okuwçylaryň islegini hasaba alyp, olaryň hemme taraplaýyn ösmegini üpjün etmek;

- beýleki okuw dersleriniň öwredilmek derejesini peseltmezden, fizika boýunça taýýarlygy has ýokary sepgitlere ýetirmekligi üpjün etmek;

- her bir okuwçydaky tebigy ukyby ýuze çykarmak we onuň iň gowy ösüşini üpjün etmek;

- umumybilim berýän mekdeplerde ylmyň we tehnikanyň gazananlaryny doly ulanmak, onuň ösüşi baradaky maglumatlar bilen okuwçylary öz wagtynda tanyşdyrmak we olaryň hünär saýlamaklaryny esaslandyrmak;

- mugallymyň zähmetini döredijilikli esasyda guramak.

Fizikanyň esasy okuw dersiniň düzümine girýän maglumatlar toplумы bilen fakultatiw okuwyň arasynda ylalaşykly ulgam döreýär.

Bu ulgam «*Fizikanyň goşmaça soraglary we baplary*» hem-de «*Ýörite okuwlar*» ady bilen iki topara bölünýär.

«Fizikanyň goşmaça soraglary we baplary» fakultativ okuw fizikanyň esasy okuw dersiniň maksatnamalary bilen ylalaşykly düzülen we ol umumybilim berýän orta mekdepleriň II basgançagynda niýetlenen. Bu okuw fizikany giňişleýin öwrenmäge niýetlenen ylmy ýa-da amaly meseleleri öz içine alýar.

Okuwyň birinji basgançagynda fizikadan fakultativ okuw okuwçylaryň mehanikadan sapakda alan bilimlerini çüňleşdirmeklyga, görümläýin we wagta bagly tebigatda bolup geçýän hadysalara baha bermeklige niýetlenendir.

Okuwyň ikinji basgançagynda fakultativ okuw «Yrgyldylar, tolkunlar, kwantlar» bölümlerden saýlanylýar.

Bu fakultativ okuwlarda okuwçylaryň bilimlerini çüňleşdirmekden başga-da, öwrenilen nazary bilimleriniň tehnika ulanylyşyna we Türkmenistanda bu ylmy pudaklaryň çözülişine uly üns berilýär.

«Ýöriteleşdirilen fakultativ okuwlary» fizikanyň haýsy hem bolsa bir bölümi ýa-da onuň kanunlarynyň amaly meselelerde ulanylyşy boýunça guralýar. Mysal üçin, «Energiýanyň alternatiw çeşmeleri we olaryň özgerdilişi», «Fizikanyň kanunlarynyň oba hojalyk meselelerini çözmekde ulanylyşy» we ş.m.

### **1.5.8. Fizikadan synpdan daşary işler**

Öwretmek, terbiýe bermek işi örän köptaraply we çylşyrymlydyr. Mugallym bu işleri diňe okuw sapagynda doly we göwneläý edip ýerine ýetirip bilmeýär. Okuwçylarda okuw dersine bolan höwesini döretmek, oýandyrmak we alnan düşüňjeleriniň üstüni yzygider dolduryp durmak, okuwçylaryň şahsy gyzyklanmalaryny hasaba almak üçin olar bilen synpdan daşary iş geçirmek zerurdyr. Synpdan (sapakdan) daşary işler okuw-terbiýe berijilik işiniň aýrylmaz bölegidir.

Pedagogika we usulyýet boýunça edebiýatlarda fizika mugallymyň synpdan daşary işleriniň iki: sapagyna ýetişmeýän we öwredil-

ýän okuw dersine ýokarlandyrylan gyzyklanma döredýän okuwçylar bilen geçirilýän görnüşi bellidir.

Ikinji hilli synpdan daşary işlerini geçirmek üçin mümkinçilik bolsa ýokary mekdepleriň mugallymlary, ylmy barlag institutlaryň ylmy işgärleri, aspirantlar, atly talyp hakyny alýan, döwlet bäsleşikleriniň ýeňiji talyplary çekilse, ol iş netijeli bolar. Berkarar döwletiň bagtyýarlyk döwründe mekdeplerde okuwçylar bilen geçirilýän synpdan daşary işleriň wajyp meseleleri hökmünde:

- okuwçylaryň sapakdan daşary döredijilikli işlerinde olara terbiýe berijilik täsirini artdyrmak;

- okuwçylaryň döredijilik we bilisigelijilik işjeňligini hemme taraplaýyn ösdürmek;

- okuwçylarda durnukly başarnyklary we endikleri kämilleşdirmek, olaryň bilimini amaly işlere ugrukdyrmaklygy güýçlendirmek;

- çagalaryň şahslarynyň hemme taraplaýyn ösmegini üpjün etmeklik;

- okuwçylara politehniki bilim bermeklik, hünär saýlamaklyga gönükdirmek bellenilýär.

**1. Fizikadan okuw konferensiýalary.** Bu sapaklaryň esasy maksady bellibir bölüme degişli okuw materiallaryny ulgamlaşdyrmakdan ybaratdyr. Bu sapaklarda her bir okuwçynyň aýratyn saýlanan okuw materialy boýunça doklad bilen çykyşy guralýar. Bu sapaklary guramak üçin bir okuw kitabyndaky maglumatlar bilen çäklenilmän goşmaça edebiýatlar bilen işlemeklik öwredilýär. Okuwçylaryň dokladlar bilen çykyşlary olaryň saýlan materiallary barada özleriniň we diňleýjileriň giň maglumat almagyna galyberse-de, her bir okuwçyda lektorlyk ussatlygynyň döremegine ýardam edýär.

**2. Seminar sapaklary.** Bu sapaklar hem mekdep işlerinde soňky ýyllarda ulanylyp başlanylan sapaklaryň biridir. Seminar sapaklaryny geçirmek üçin bir tema (ýumuş) бүтін bir synp okuwçylaryna tabşyrylýar. Seminar sapagyň esasy wagty okuwçylaryň çykyşlary bilen geçirilýär. Bu sapak hem okuwçylarda öz pikirini ýazyp beýan etmek endigini, köpçüligiň önünde çykyş etmeklige öwrenişmegini, ýoldaşlarynyň çykyşlarynda ýetmeýän maglumatlary kesgitläp bil-

mek endikleriniň kemala gelmegine ýardam berýär. Seminar sapagy mugallym tarapyndan jemlenilýär.

**3. Fizikadan olimpiadalar.** Okuwçylaryň fizika ylmyna bolan gyzyklanmasyny ösdürmegiň wajyp usullarynyň biri hökmünde dürli derejedäki geçirilýän olimpiadalar ulanylýar. Bu at bilen ýaşlaryň zehinini barlamak üçin bäsleşikler mekdepden başlap, tä dünýä derejesinde geçirilýär.

Olimpiada hem okuwçylar bilen geçirilýän synpdan daşary işiň bir görnüşidir. Ony bütün dünýäde hemme dersler boýunça geçirmeklik kabul edilen.

Olimpiada okuwçylaryň arasynda uly ähmiýet berilýär. Sebäbi, ol okuwçylara kesgitli dersler boýunça öz taýýarlygyny, güýjüni, mümkinçiligini ýuze çykarmaga, öz ýaşdaşlary bilen tanyşmaga, pikir alyşmaga amatly şert döredýär. Ondan soň hem olimpiadada ýeňiji bar, ýöne ýeňiliji ýok. Sebäbi, oňa gatnaşyjylar hökman kesgitli täzelikler bilen tanyşýarlar, hödürlenen meseleleriň çözülişiniň derňewine gatnaşyp, olaryň çözülişini öwrenýärler. Döwlet boýunça geçirilýän olimpiadalaryň ýeňijileri ýokary okuw mekdeplerine girmeklige hödürlenýär.

Häzirki döwürde mekdep okuwçylarynyň olimpiadalary baş basgançakdan ybarat geçirilýär. Olar mekdepde, şäherde (etrapda), we laýatda, döwletde we Halkara möçberde geçirilýär.

**4. Fizikadan we tehnikadan gurnaklar.** Fizikadan synpdan daşary okuwçylar bilen geçirilýän işleriň arasynda fizika gurnaklary aýratyn orun tutýar.

Fizika gurnaklary 10–15 höwesjeň okuwçylardan düzülip, onuň iş maksatnamasy taýýarlanylýar. Adatça, brinji sapakda okuwçylar guramaçylyk işleri bolan okuwçylaryň borçlary, gurnagyň maksady, onuň maksatnamasy bilen tanyşdyrylýar.

Bu hilli synpdan daşary işler ýylyň dowamynda yzygider şol okuwçylar köpçüligi bilen bilelikde geçirilýär. Gurnaklaryň işi okuwçylaryň özbaşdak başarnyklaryny ýüze çykarmaga, ösdürmäge giň mümkinçilik döredýär.

Fizikadan gurnaklar fiziki agşamlardan we olimpiadalardan tapawutlylykda ýylyň, hatda birnäçe ýyllaryň dowamynda mugallyma

okuw-terbiýeçilik işlerini kesgitli ulgamlaryň geçirmeklige ýardam berýär.

Gurnak işleriniň dowamynda onuň guramaçylygyny we okuwçylaryň ýerine ýetirýän ýumuşlaryny olaryň ukybyna görä az-owlak üýtgetmäge mümkinçiligiň bolmagy her okuwçy bilen aýratyn iş salyşmaga giň şert döredýär. Her bir okuwçynyň öz şahsy ukybyny hasaba almaklyk olaryň fizikanyň aýry-aýry bölümlerine bolan gyzyklanmasynyň ösmegine, dürli sowallara jogap tapmaklyga mümkinçilik berer.

Synpdan daşary işiň *bilim berijilik, tehniki-gurujylyk we okuw-barlag* esasy üç ugry gurnagyň işinde ýüze çykýar.

Umumybilim beriji ugur boýunça gurnak işleriniň mazmuny, adatça, okuwçylaryň sapakda alýan bilimlerini artdyrmaga gönükdirilen. Munuň ýaly görnüşdäki gurnaklaryň meýilnamalary okuw maksatnamalary bilen jebis baglanyşykly we aýratyn hem bolup biler.

Gurnaklaryň işini «Dünýä fizikleri», «Uly we kiçi maddalar hakynda», «XXI asyryň fizikasy», «Fizikanyň we tehnikanyň taryhy», «Biziň töweregimizdäki fizika», «Garaşsyz, baky Bitarap Türkmenistanda alternatiw energiýa çeşmeleriniň özgerdilişi» we ş.m. umumy temalara birikdirip bolar.

Fizikadan fakultativ sapaklary geçirilmeýän mekdeplerde gurnaklaryň sapaklarynda «Fizika – tehniki barlag we ölçeg usullary», «Optika», «Kosmonawtikanyň esaslary», «Fizika-tehniki modelleşdirmе» ýaly fakultativ sapaklarynyň maksatnamalaryny ulanyp bolar.

Mekdepde okaýan ýigitleriň köpüsi I basgançagyň synplaryndan başlap, radionyň personal kompýuterleriň işleýşi we onuň gurluşy bilen içgin gyzyklanýarlar. Mekdepde bu hilli gurnagyň işi ýola goýulsa, ol okuwçylarda uly höwes döreder.

Gurnaklaryň iş meýilnamasy şäheriň (etrabyň) bilim bölümleriň müdirligi tarapyndan tassyklanylýar.

**5. Fizika aňşamlary.** Okuwçylar bilen mekdepde köpçülikleýin şowhunly geçirilýän çäreleriň birisi hem fizika aňşamlarydyr.

Fizika aňşamlaryň esasy maksady okuwçylarda fizika sapagyna gyzyklanmalary, bu sapagy hemme taraplaýyn öwrenmek endiklerini döretmek we ösdürmekden ybaratdyr. Bu çäräni guramaçylykly

geçirmek maksady bilen başda onuň meýilnamasy düzülýär we ol esasda fizika agşamynyň ssenariýasy ýazylýar. Bu agşamlary geçirmek üçin mekdebiň synplarynyň hersinden 1–2 okuwçy alyp, jemi 10–12 okuwçydan ybarat 2–3 topar düzülýär. Agşamlaryň meýilnamasyna her topardan 1–2 ylmy dokladlar, mekdebiň durmuşyny, degişmeleri, okuwçylaryň dürli dersler boýunça döredijiligini özünde jemleýän 1-diwar gazetini, fiziki alymlary ýa-da fizika hadysalar bilen baglanyşykly çaklaňja sahna oýunlar, aýdym sazly çykyşlar guralýar. Fizikanyň kanunlary, hadysalary boýunça toparlaryň arasynda sorag jogap bäsleşikleri we ş.m. çäreler goşulýar. Takmynan, beriljek soraglaryň sanawy agşamyny geçiriljek gününden bir hepde çemesi ön asylyp goýulsa okuwçylaryň fizikanyň kanunlaryny we hadysalary çuňňur öwrenmeklerine mümkinçilik bolar.

Toparlaryň çykyşlaryny bahalandyrmakda olaryň fizika agşamy geçirilýän zaly (otagy) bezeýişlerine-de baha berilýär. Munuň üçin fizika we beýleki ders mugallymlardan ybarat eminler topary düzülýär. Çykyşlaryň bahalandyrylmagy örän adalatly bolmalydyr.

Adatça, bu hilli agşamlar çäryekleriň ahyrynda döwlet baýramçylyklaryna gabatlap gurulsa amatly bolar.

## **1.6. FIZIKANY ÖWRETMEKDE OKUWÇYLARYŇ BILIMINI WE BAŞARNYKLARYNY BARLAMAK**

### **1.6.1. Okuwçylaryň bilimlerini barlamagyň usullary**

Sapagyň maksadyna laýyklykda okuwçylaryň bilimlerini we başarnyklaryny barlamagyň usuly, görnüşi we serişdesi dürli bolup biler. Okuwçylaryň bilimlerini we başarnyklaryny barlamagyň taryhy döp bolup galan usuly 1.6.1-nji tablisada görkezilen.

Dilden barlagda mugallym her bir okuwça kesgitli sowal berip, olaryň aýratynlykda özbaşdak pikirlenmeklerine şert döredýär we okuwçylaryň oňa dilden jogap bermeklerini gazanýar. Bilimleriň bu



hilli barlagynda hem okuwçylar fizikanyň kanunlarynyň aňlatmalaryny, çyzygylary we ş.m. tagtada ýazýar. Dilden frontal barlagda mugallym bütin synp okuwçylaryna bir sorag berýär. Ýagny synpyň hemme okuwçylarynyň goýlan sorag boýunça frontal pikirlenmegine şert döredýär. Bilimler barlananda bolsa ýeke-ýekeden diňlenilýär. Doly bolmadyk jogaplar beýleki okuwçylar tarapyndan üsti doldurylýar.

Okuwçylaryň bilimlerini ýazuw üsti bilen barlagda öwretmegiň birinji basgançagynda fizikadan diktantlar geçirmek hem kem-käseýin ulanylýar. Bu hilli barlaglarda fizika mugallymy fiziki düşünelere degişli sözlemlere degişli käbir netijeleşýi sözlere derek köp nokat goýýar. Okuwçylar galdyrylan sözlere ýazýarlar we doly sözlem döredýär.

Ýazuw barlag işleri okuwçylarda öz pikirlerini ýazgy üsti bilen dürs we yzygider beýan etmek ukyplarynyň kämilleşmegine ýardam berýär. Bu usul okuwçylaryň diňe bir fizikany bilmek derejelerini däl, eýsem, dürs ýazuw tertiplerini bilişlerini olaryň şahsy psihologiýasyny öwrenmäge ýardam berýär.

Amaly başarnyklary barlamak usuly öň taýýarlanan ýazgylar nazaryýet esasynda okuwçylaryň fiziki tejribeleri gurnamak, geçirmek, hasaplamak, ondan kesgitli netije çykarmak we barlanan ululyklaryň arasyndaky funksional baglanyşyklaryň grafiklerini gurnamak bu işleriň ýazgylaryny yzygider beýan etmegi başarmak endiklerini oýandyryr we ösdürýär.

Bu dăp bolup galan usuldan başga-da, häzirki döwürde *test görnüşde taýýarlanan ýumuşlar ýa-da test barlagy* ulanylýar. Adatça, testler barlaýjy, öwrediji we barlaýjy-öwrediji görnüşlerde taýýarlanylýp bilner. Barlaýjy testleriň jogabyny okuwçylaryň özleri ýazar ýaly (aýyk görnüşde) ýa-da taýýar jogaplardan saýlar ýaly edilip (ýapyk görnüşde) taýýarlanylýar. Aýyk testler okuwçylaryň testiň jogabyny özbaşdak taýýarlamagy talap edýär. Ýapyk testlerde bolsa okuwçylar hödürlenýän jogaplaryň dogry hasaplanýanyny saýlaýar.

Öwrediji testler adyndan mälüm bolşy ýaly, okuwçylara bilim bermäge niýetlenip, ol adatça, düşünmesi kyn, çylşyrymly hasaplanýan temalar boýunça taýýarlanylýar.

Barlaýjy – öwrediji testler ýokarda agzalan iki görnüşli testler bilelikde utgaşdyrylyp taýýarlanylýar. Jogap berýän okuwçy barlaýjy testiň sowalyňa iki-üç gezek nädogry jogap beren halatynda ol indiki sowala geçirilmän öwrediji teste ugrukdyrylýar. Öwrediji testde okuwçynyň jogap berip bilmeýän sowalyňa gös-göni jogap goýulmuk. Okuwçy bu testdăki maglumatlary özleşdirip, özüniň gözleýän sowalyňa jogap tapar ýaly edilip taýýarlanylýar.

Barlaýjy we öwrediji testler okuw materiallarynyň kesgitli bölümleri, temalary boýunça taýýarlanylýar. Meselem, IX synp okuwçylary üçin «Hemişelik elektrik togy» tema 10 sany barlaýjy teste bölmek ýeterlikdir. Her bir test bir ýa-da birnäçe soragdan ybarat. Her bir soraga biri-birine ýakyn bolan 3–5 jogaplar ýazylýar. Ol jogaplaryň diňe biri doly we dogry bolmalydyr.

Meselem, ýokarda agzalan bölüm boýunça 1-nji test:

Metallarda elektrik togy diýip nämä aýdylýar?

a) geçirijidăki elektronlaryň ýylylyk hereketine aýdylýar.



b) geçirijidäki bar bolan hemme görnüşdäki zarýadlaryň hereketine aýdylýar.

w) geçirijidäki deşikleriň ýylylyk hereketine aýdylýar

ç) geçirijidäki erkin elektronlaryň tertipli hereketine aýdylýar.

Bilimleri we başarnyklary barlamagyň kämil serişdesi bolup, personal kompýuterler, kompýuter synplary hyzmat edýärler.

Fizika mugallymlary tarapyndan ýörite taýýarlanan ulgama barlanyljak tema boýunça testler girizilýär. Bu kompýuter synplardan okuwçylar sapak geçirilýän we okuwdan daşary wagtlary hem peýdalanylýar.

Türkmenistanyň umumybilim berýän mekdepleriniň köpüsi diýen ýaly häzirki zaman talaplara laýyk gelýän personal kompýuterler bilen üpjün edilen.

### **1.6.2. Okuwçylaryň eýe bolan başarnyklaryny barlamakda mugallymyň taýýarlygy**

Okuwçylaryň eýe bolan başarnyklaryny doly we dogry barlamak dürli usulyýetleri ulanylyp, öň taýýarlanylýan kesgitli sistema boýunça geçirilse ol talabalaýyk bolar.

Mugallym gündelik – temalaýyn maksatnama taýýarlanylýan okuwçylaryň bilimini we başarnygyny nähili barlamalydygyny göz önünde tutýar. Munuň üçin temalaryň düzümi we mazmuny derňelýär we onuň haýsy sapakda öwrenilmeli bölekleri aýdyňlaşdyrylýar. Mysal üçin, okuwçy naprýaženiýe düşünjesi bilen tanyşanyndan soňra, «Nähili fiziki ululyga naprýaženiýe diýilýär?»; « $1\text{ W}$  naprýaženiýe näme?» soraglar goýulýar. Okuwçy naprýaženiýe düşünjesiniň fiziki manysyna düşünýän we amaly meseleleri çözmekde ony ulanyp bilýän bolsa, ol onuň bu ululyk barada maglumatlary bildigi. Eger okuwçy « $40\text{ W}$  naprýaženiýe nämäni aňladýar?» « $10\text{ Kl}$  zarýad  $127\text{ W}$  we  $220\text{ W}$  naprýaženiýeli aralykda göçürilýär. Olaryň haýsysynda köp iş ýerine ýetirilýär?» soraglara jogap berse, ol onuň başarnygyny görkezýär. Bu bolsa, okuwçynyň bu düşüňjäni özleşdirendigini aňladýar.

Okuwçylaryň bilimini we başarnygyny okuwyň dürli böleginde barlap bolýar. Didaktikada okuwçylaryň bilimini barlamagyň *başda, sapagyň dowamynda, periodiki we jemleýji* görnüşleri mälimdir.

Okuwçylaryň bilimlerini *sapagyň başyndaky barlag* olaryň tutuş başdaky taýýarlyk, derejesini anyklamak üçin zerur. *Sapagyň dowamyndaky barlag* okuw materialynyň özleşdirilişiniň bütin dowamynda ulanylýar. *Periodiki barlag* tema, bölüm öwrenilenden soňra ýa-da çärýegiň soňunda geçirilýär. Jemleýji barlag bolsa, okuw ýylynyň soňunda geçirilýär.

Okuw maksatnamasynda okuwçylaryň her synpda eýe bolmaly bilimleriniň, başarnyklarynyň we amaly endikleriniň möçberi, fiziki abzallar bilen işläp bilmek derejesi kesgitlenen. Bu barlaglary geçirmek üçin mugallym kesgitli meýilnama boýunça taýýarlanýar.

### **1.6.3. Fizikadan hasap işleriniň geçirilişi**

Hasap okuwçylaryň bilimini barlamagyň köpçülikleýin usulydyr. Bu usul fizikadan okuwçylaryň bilimini köpçülikleýin barlamagyň giň ýaýran usulyna öwrüldi. Hasap barlagyň wajyp düzüjisi onuň ýokary derejede adyl bolmalydyr. Sapagyň maksadyna, barlanmaly okuw materialynyň göwrümüne görä hasap sapagyna 1–2 okuw sagady hödürlenilýär. Hasap sapaklaryny guramak we geçirmek üçin fizika mugallymyndan uly irginsiz zähmeti talap edýär. Hasap sapagyna hödürlenýän soraglar öňünden okuwçylara ygylan edilýär. Käbir fizika mugallymlary ýörite «Hasap işiniň sowallary» atly diwarda ol sowallaryň sanawyny ýazýarlar. Zerurlyga baglylykda hasap işlerine görülýän taýýarlyk döwründe okuwçylaryň özbaşdak çözmeklerine hödürlenýän meseleleriň sanawyny hem bu diwarda görkezip bolar. Hasap sapagynda fizika mugallymy öňünden onuň temalaryna deňişli didaktiki materiallary hasap we görkezme tejribe işlerini taýýarlamaýdyr.

Adaty sapaklarda kesgitli temalar boýunça okuwçylaryň bilimleri gündelik barlananda olaryň jogaplarynyň nutuk, aýdylyjak pikirleriniň

az sözli, köp manyly bolmagyny ýaş fizika mugallymlary öz okuwçylaryna hökman öwretmelidir. Bu işler hasap sapaklarynyň üstünlikli geçmegine ýardam berer.

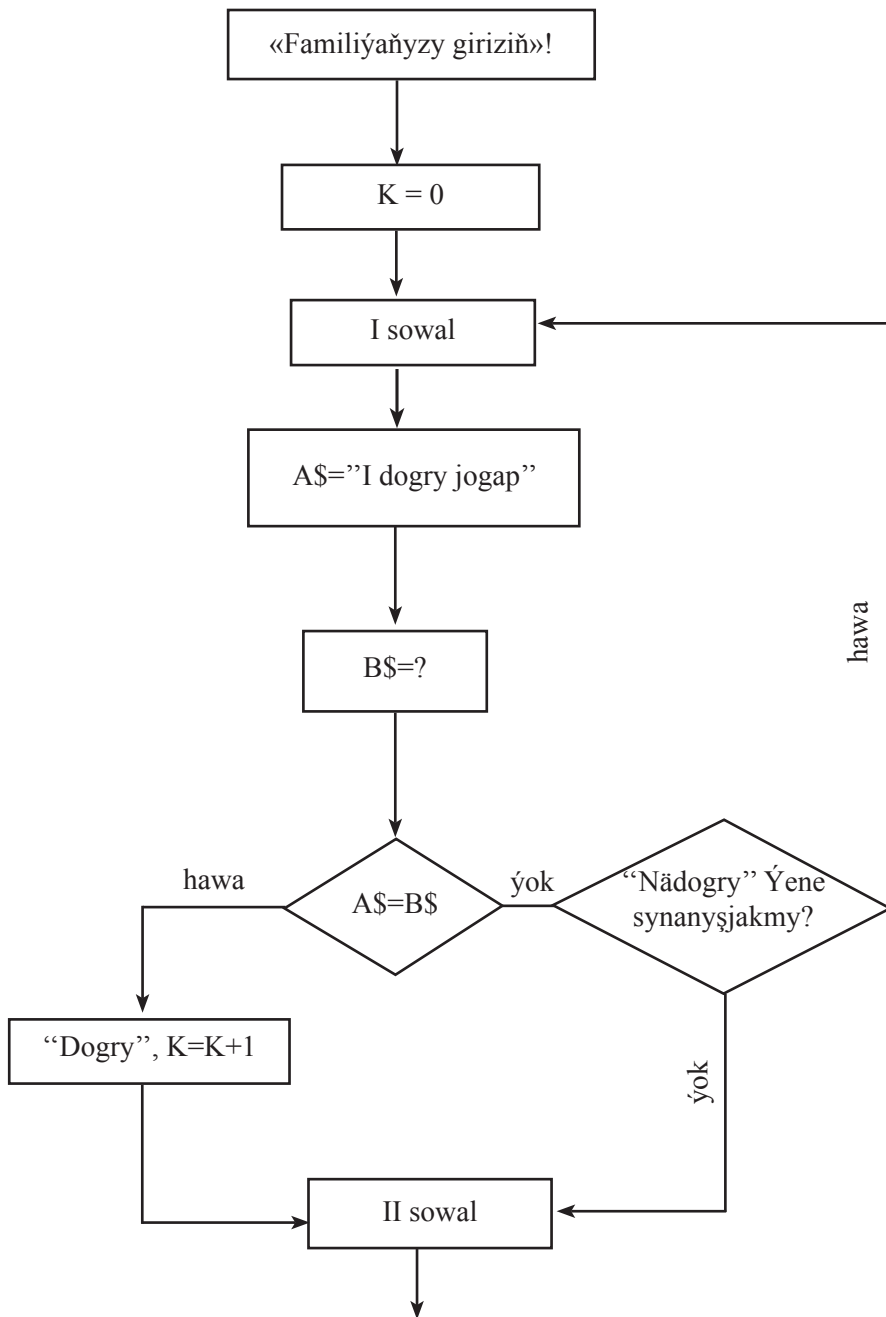
Okuwçylary hasap sapagyna taýýarlamaklyk mugallym tараpyndan öňden düzülen meýilnama ýa-da ulgam boýunça öň geçilen okuw materiallaryny gaýtalamakdan başlanylýar. Bu işleriň düzümine meseleler çözmeklige, hasap tejribe (laboratoriýa) işlerini we öň çözülen meseleleriň çözülişini gaýtalamagy hem girizip bolar. Käbir halatlarda bolsa, hasap sapaklaryna okuwçylaryň saýlan temalary boýunça dokladlary, ylmy işleriň netijelerini mugallymyň ýolbaşçylygynda taýýarlamak rugsat edilýär.

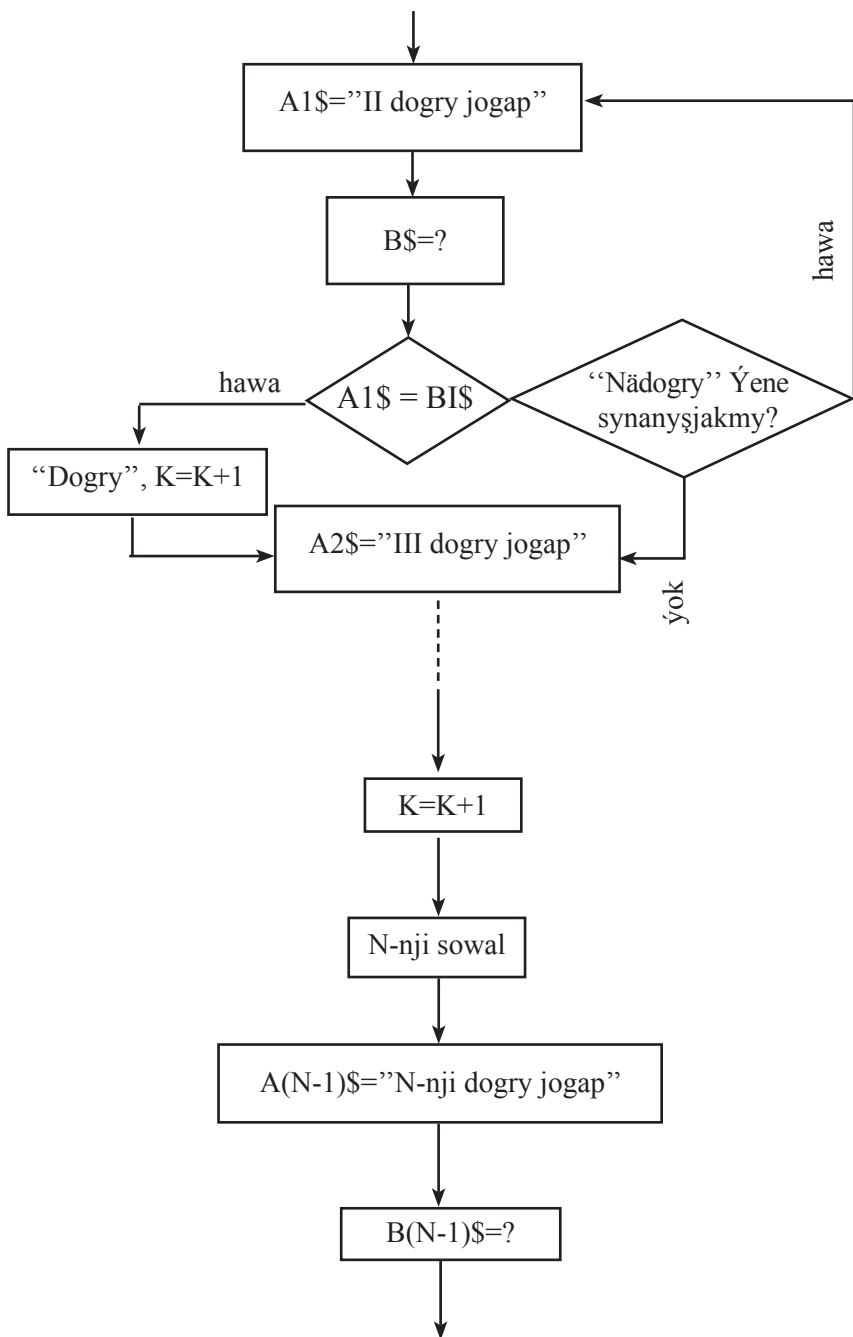
Mekdep işinde *utgaşdyrylan hasap sapaklary* giň ulanylýar. Bu hasap sapaklary üç basgançakly barlagdan ybarat. Onuň birinji basgançagynda okuwçylaryň nazary, ikinji basgançagynda olaryň amaly işleri çözüp bilijilik taýýarlyklary we üçünji basgançagynda bolsa, görkezme ýa-da hasap tejribe işlerini işläp bilijilik başarnyklary barlanylýar. Bu işi fizika mugallymy özüniň 5–6 kömekçisi bilen geçirse, ol has guramaçylykly bolar. Her basgançakda okuwçylaryň alan netijeleri aýratyn bahalandyrylýar we soňra olaryň jemi çykarylýar. Hasap sapagy ony guraýjylaryň köpçülikleýin netijesi esasyda jemlenilýär we okuwçylara yglan edilýär.

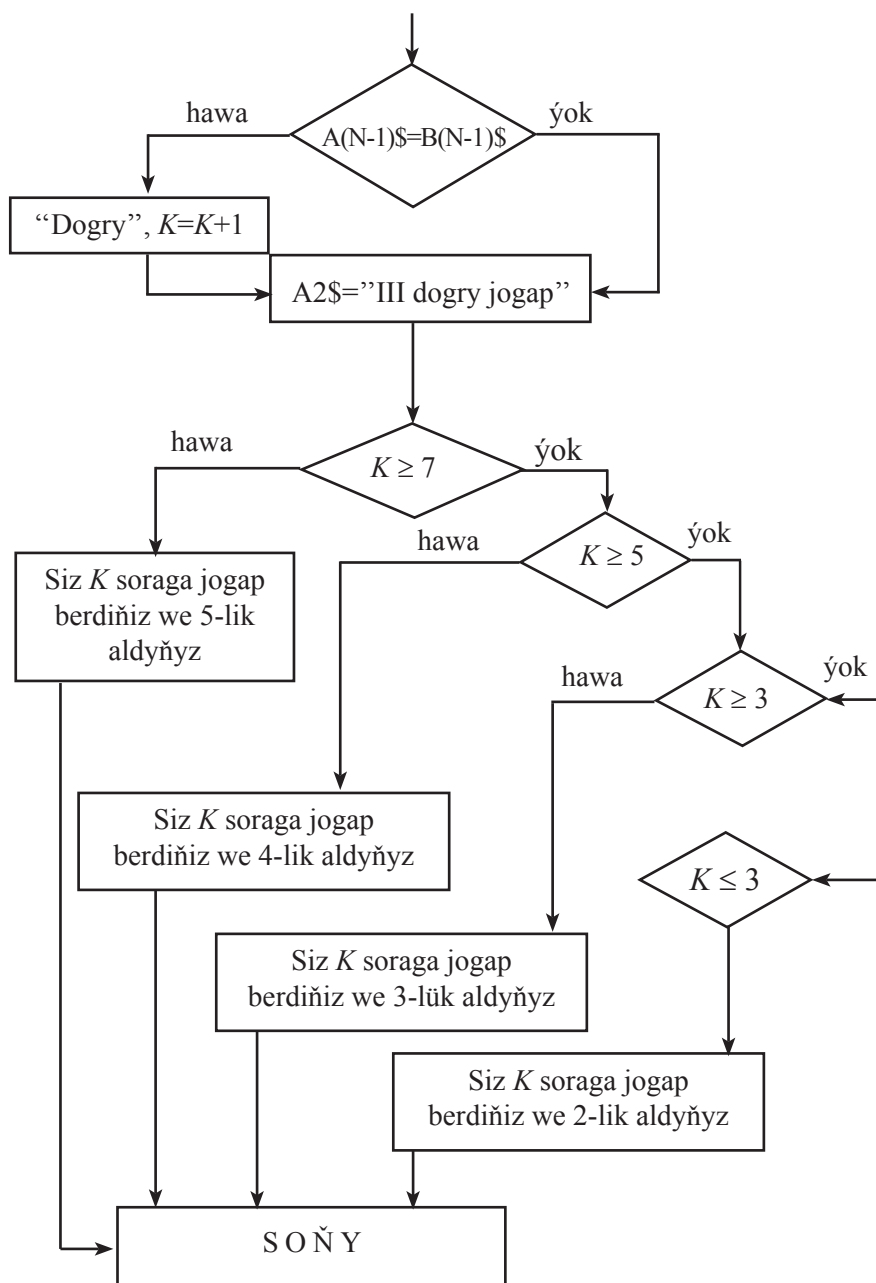
#### **1.6.4. Okuwçylaryň bilimlerini kompýuterde barlamak**

Okuwçylaryň bilimini kompýuterde barlamak üçin her bir fizika mugallymy saýlanan tema boýunça kesgitli yzygiderlikde kompýuter programmasyny haýsy hem bolsa bir programma dilinde taýýarlamaly. Aşakda munuň ýaly barlaýjy programmalaryň biri **BEYSIK** dilinde taýýarlanan. Elbetde, kompýuteriň operasion sistemasy programmanyň tekstini okap bilmeli.

Ýygnaýjak programmanyň yzygiderligine has aýdyň düşünmek üçin başda onuň blok çyzgysyny taýýarlamaly:







Aşakda «Kulonyň kanuny» tema boýunça BEYSIK dilinde ýazy-  
lan kompýuter barlaýjy programma getirilen:

```
1 REM Programmany düzüjiniň ady familiýasy
2 KEY OFF
10 DIM AA$ (30), BB$: FOR I=1 TO 30
20 CLS: INPUT „FAMILIÝAŇZY GIRIZIŇ“; AA$ (I)
30 K= 0
40 PRINT „Kulonyň kanuny nähili özaratäsiri häsiýetlendirýär?“
50 A$ = „ELEKTROMAGNIT“
60 INPUT B$
70 IF A$ = B$ THEN120
80 PRINT „NÄDOGRY“
90 PRINT „Ýene-de bir gezek synanyşjakmy?“
100 INPUT D$
110 IF D$ „HAWA” THEN40
115 GOTO 140
120 PRINT „DOGRY“
130 K=K+1
140 PRINT „Kulonyň kanunynyň aňlatmasyny SGSE (Gauss)
sistemasynda ýaz!“
150 A1$=„F1=Q1*Q2/ R^2”
160 INPUT B1$
170 IF A1$=B1$ THEN220
180 PRINT „NÄDOGRY“
190 PRINT „Ýene-de bir gezek synanyşjakmy?“
200 INPUT D1$
210 IF D1$ = „HAWA” THEN 140
215 GOTO 240
220 PRINT „Dogry Tüweleme!”
230 K=K+1
240 PRINT „HS-da zarýadyň ölçeg birligi?“
250 A2$ = „KULON”
260 INPUT B2$
270 IF A2$ B2$ THEN330
```

```

280 PRINT „NÄDOGRY”
290 PRINT „Ýene-de bir gezek synanysjakmy?”
300 INPUT D2$
310 IF D2$ = „HAWA” THEN 240
320 GOTO 350
330 PRINT „Dogry Tüweleme!”
340 K=K+1
350 PRINT „ 1 kulon zarýad näçe SGSE zarýad birligine deňdir?”
360 A3$=„3*10^ 9 SGSE zarýad birligine deň”
370 INPUT B3$
380 IF A3$=B3$ THEN 440
390 PRINT „Nädogry”
400 PRINT „Ýene-de bir gezek synanysjakmy?”
410 INPUT D3$
420 IF D3$=„HAWA” THEN 350
430 GOTO 460
440 PRINT „Dogry Tüweleme!”
450 K=K+1
460 PRINT „SGSE hasaplaýyş sistemasynda zarýadyň ölçeg
        birligini ýazyň”
470 A4$=«( g^1/2)*(sm^3/2)* (s^(-1))”
480 INPUT B4$
490 IF A4$= B4$ THEN 550
500 PRINT „Nädogry”
510 PRINT „Ýene-de bir gezek synanysjakmy?”
520 INPUT D4$
530 IF A4$= „Hawa» THEN 460
540 GOTO 570
550 PRINT „Dogry Tüweleme!”
560 K=K+1
570 PRINT „Kulonyň kanunyny HS-de aňladyň”
580 A5$=„F=Q1*Q2/ (4(PI )* E0*R^2)”
590 INPUT B5$
600 IF A5$= B5$ THEN 660

```



```

610 PRINT „Nädogry”
620 PRINT „Ýene-de bir gezek synanyşjakmy?”
630 INPUT D5$
640 IF D5$= B5$ = „Hawa” THEN 570
650 GOTO 680
660 PRINT „Dogry Tüweleme!”
670 K=K+1
680 PRINT „FK./ FG gatnaşygyň tertibi näçe?”
690 IF A6$= „10^ 42”
700 INPUT B6$
710 IF A6$= B6$ THEN 980
720 PRINT „Nädogry”
730 PRINT „Ýene-de bir gezek synanyşjakmy?”
740 INPUT D6$
750 IF D6$= „Hawa” THEN 680
760 PRINT „Nädogry, elektron üçin FK / FG gatnaşygyň
      tertibini hasaplajakmy?”
770 A8$=F3= FK/ FG=Q^2/((4(PI ) * E0*GR*M^2))”
775 PRINT „Ýene-de bir gezek synanyşjakmy?”
780 INPUT D7$
790 IF D7$= „Hawa” THEN 810
795 GOTO 1000
810 PRINT „FK / FG gatnaşygyň aňlatmasyny ýazyň”
815 INPUT D8$
820 IF A8$= D8$ THEN 850
830 PRINT „Aňlatma nädogry ýazylypdyr”
840 GOTO 1000
850 PRINT „Elektron üçin Q, PI, E0, GR, M ululyklaryň
      bahasyny HS-de giriziň”
860 INPUT „Q=”;Q
870 INPUT „PI=”;PI
880 INPUT „E0=”;E0
890 INPUT „M= ”;M

```

```

900 INPUT „GR=”;GR
910 INPUT „F3= FK / FG= Q^2/((4(PI )* E0*GR*M^2)”
920 PRINT „FK / FG= ”;FK / FG
930 INPUT „Indi FK hasaplanylanda FG-ni hasaba almaly
      daldigine düşündiňmi?”
940 INPUT D8$
950 IF D8$= „Hawa” THEN 970
960 PRINT „Şundan soň hem düşünmedik bolsaň menä
      bilmedim !”
970 PRINT „Ahyry düşünen bolsaň bolýar”
975 GOTO 1000
980 PRINT „Berekella!”
990 K=K+1
1000 IF K=7 THRN 1060
1010 IF K>=5 THEN 1050
1020 IF K>=3 THEN 1040
1030 IF K<3 THEN GOTO 1035
1035 PRINT «Siz”;AA$(I) ; „ ;K; soraga jogap berdiňiz we 2-lik
      aldyňyz: GOTO 1080
1040 PRINT «Siz”;AA$(I) ; „ ;K; soraga jogap berdiňiz we 3-lük
      aldyňyz: GOTO 1080
1050 PRINT «Siz”;AA$(I) ; „ ;K; soraga jogap berdiňiz we 4-lük
      aldyňyz: GOTO 1080
1060 PRINT „Siz”;AA$(I) ; „ ;K; soraga jogap berdiňiz we 5-lik
      aldyňyz: GOTO 1080
1070 INPUT AA$(I)
1080 END
1090 NEXT

```

Barlaýjy kompýuter programmalarynyň ýene-de bir artykmaçlygy okuwçy günüň islendik wagtynda kompýuter boş pursatlary oňa öz familiýasyny girizip, mugallymyň bardygyna ýa-da ýokdugyna garamazdan onuň bilen işläp, özüniň jogabyny galdyrýar. Mugallym

özüne amatly islendik wagtda kompýuteri barlap okuwçylaryň jogap-lary boýunça netije çykarýar.

Kompýuteriň kömegi bilen okuwçylaryň bilimleri barlanylanda frontal hemme okuwçynyň taýýarlyk derejesi hasaba alynýar. Ikinji tarapdan bolsa okuwçylar tarapyndan özleşdirilmän geçilýän tema bolmaýar.

## **1.7. FIZIKANY ÖWRETMEGIŇ TEHNOLOGIÝASY**

### **1.7.1. Öwretmekde indiividuallaýyn we differensiasıýalaýyn çemeleşme**

Hemme okuw derslerini öwretmekde bolşy ýaly, fizikany öwretmekde hem her bir okuwçynyň şahsy ukybyny hasaba alyp, aýratynlaýyn öwretmek pedagogikanyň esasy meseleleriniň biridir. Bu meseläniň wajyplygy tejribeçi-pedagoglar we ylmy pedagogik iş-gärler tarapyndan ykrar edilen we edilýär.

Fizikany öwretmegiň häzirki zaman edebiýatlarynda öwretmekde indiividual we differensial çemeleşme barada hemme hallarda ulanmaga ýaramly bolan ýeke-täk usul ýok. Her awtor ony özüçe düşündirýär ýa-da onuň sinonimlerini ulanýar.

Pedagog I.Und öz usuly işlerinde indiiduallaşdyrma okuw prosesinde okuwçylaryň şahsy aýratynlyklaryny olaryň hemme görnüşdäki we usuldaky ukyplaryny anyklamak hasaplaýar. Differensiasıýalaşdyrma bolsa okuwçylary olaryň haýsy hem bolsa bir aýratynlyklary boýunça geljekde özbaşdak öwretmek maksady bilen toparlara bölüşdirmekdir diýlip bellenilýär.

#### **Içki we daşky differensiasıýalaşdyrma.**

*Içki differensiasıýalaşdyrma* hökmünde okuwçylaryň öwrenmek indiiduallygyny adaty toparlarda, ýagny bir synpyň çäginde geçirilýän öwretmegiň guramaçylygyna düşünilýär. Içki differensiasıýalaşdyrmada hemme okuwçylar şol bir okuw maksatnamasy we okuw kitaby boýunça işleýärler. Ýöne mugallym indiividual (şahsy) usullary, serişdeleri we öwretmegiň görnüşlerini ulanýar. Bu ýagdaýda mugallym synpyň içinde dürli derejede sapak geçmek

üçin wagtlaýyn topar döredýär. Bu seredilen çemeleşmäniň çägendäki içki differensiasıýalaşdyrmaga öwretmegiň *indiwiduallylaşdyrmagy* atlandyrylýar.

Şunlukda, okuwçylaryň indiwiduallygyny hasaba almagyň adaty döp bolup galan formasy bilen bir hatarda öwretmegiň meýilleşdirilen netijesiniň basgançakly differensiasıýalaşdyrma esasynda hem guralyp bilner. Basgançakly differensiasıýa synpdaky hemme okuwçylaryň şol bir okuw maksatnama boýunça öwredilip, olaryň okuw materiallaryny dürli hilli meýilleşdirilen, ýöne talap edilýän derejeden pes bolmadyk derejede özleşdirmek mümkinçiligini özünde jemleýän okuw prosesidir. Bu çemeleşme öň ulanylyp gelnen okuwçylaryň indiwidual aýratynlyklaryny, öwretmegiň serişdelerini we usulyýetini ulanyp, okuwçylaryň bilimini şol bir derejä getirýän çemeleşmesinden tapawutlydyr.

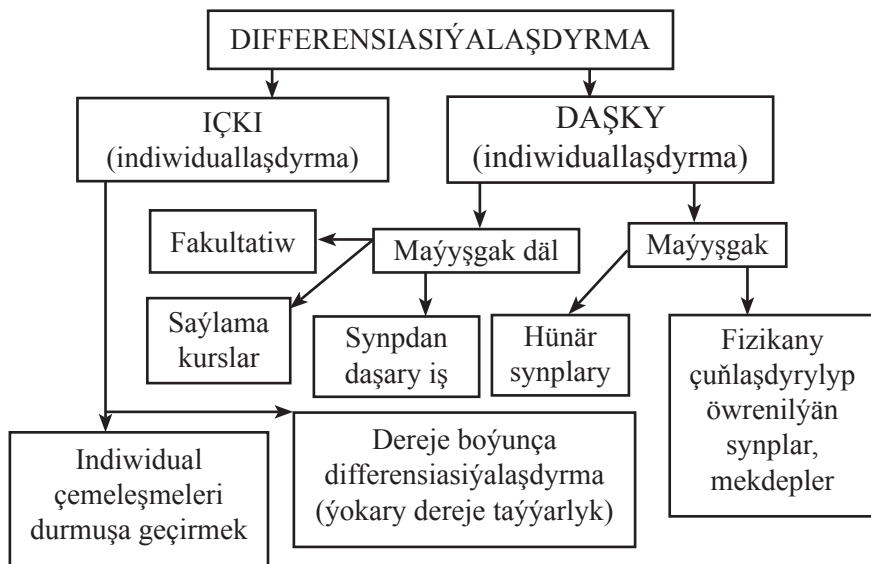
Häzirki döwürde dünýä praktikasynda ulanylyşy ýaly, Türkmenistanyň umumybilim berýän mekdeplerinde hem fizikany öwretmekde iki esasy we ýokarlandyrylan derejesi ulanylýar. Ýöriteleşdirilen mekdeplerde bolsa üç dereje: ***birinji dereje*** – gumanitar ugur bolup, onda fizika dersi döwlet standartyna laýyk gelyän derejede öwredilýär. Ýagny bu derejede fizika ylmynda gyzyklanmasy bolmadyk okuwçylar okadylýar. Bu okuwçylaryň hemmesi fizika dersine edilýän minimal talabalaýyk bilim almaly. ***Ikinji derejede*** – fizika dersinde ortaça gyzyklanmasy bolan okuwçylar okaýarlar. Bu ugur tebigy bilimler boýunça ýöriteleşdirilen synplardan ybarat. ***Üçünji dereje*** – fizika-matematika ugurlary boýunça ýöriteleşdirilen synplar. Bu derejede okaýanlar fizika dersine has ýokary gyzyklanmasy bolan okuwçylardyr.

***Daşky differensiasıýalaşdyrma*** – munuň özi okuwçylaryň özerleriniň gyzyklanmalary, ukyplary we başarnyklary boýunça toparlara bölüp gurnalýan okuw prosesidir. Bu toparlarda fizikany öwretmek aýratyn okuw maksatnamasy we okuw gollanmasy boýunça amala aşyrylýar.

Daşky differensiasıýalaşdyrma öwrediljek bilimiň mazmuny, okuwçylaryň ukyplary we başarnyklary biri-birinden tapawutly bolan durnukly toparlaryň arasynda *maýyşgak däl* we *maýyşgak* ramkada gurlan sistemalardyr.

*Maýyşgak дәл ramka* esasa gurlan sistemada differensial hünär öwretmek, fizikany mekdepde we synpda çuňlaşdyrylan derejede öwretmek, *ikinji maýyşgak ramka* esasa gurlan sistemada bolsa fakultatiw okuw, synpdan daşary iş, dürli wariantlar esasa saýlama dersler görnüşde amala aşyrylýar. Ýokarda agzalan öwretmegiň differensial görnüşleri 1.7.1-nji tablisada görkezilen.

1.7.1-nji tablisa



Daşky we içki differensiasiýalaşma, köplenç, bilelikde ulanylýar. Mysal üçin, fizika-matematika ugurlar boýunça elmydama dürli şahsy ukyply (gyzyklanmaly, duýgurlykly aň edip bilijilikli we ş.m. endikli) okuwçylar indiividual çemeleşme esasa okadylýar.

## 1.7.2. Öwretmekde ösdürijilik

Öwretmekde ösdürijilik bütin dünýäde ykrar edilen ideýadyr. Umuman, ösdürijilik wagtyň geçmegi bilen jisimleriň gurluşyna, adamynyň özüni alyp barşyna, psihikasyna onuň synasyna biologiki prosesleriň we daşky sosial sredanyň täsirleriniň bütewi netijesidir. Ösüp gelyän şahsyýet özüniň ýaşayyş sredasyny köptaraply

işjeňleşdirýär, şol wagtyň özünde hem ol sredanyň düzümlük bölekleri tarapyndan özüne bolan täsirleri we olaryň arasyndaky özara baglanyşygy duýýar. Çaganyň ekologiki ösüş sredasy biri-biri bilen baglanyşykly dört sistemadan ybaratdyr:

mikrosistema – iň ýakyn (maşgala, çagalar bagy, mekdep) täsir-däki sreda degişli sistema;

1) mezosistema – birnäçe mikrosistemalaryň (beýleki maşgalalar, goňşular, köp sanly jemgyýetçilik edaralary) döredýän özara baglanyşygy;

2) ekzosistema-sosial sredany gurşap alýan derejede we şahsyýetiň özbaşdaklygyndan daşary (iş ýeri we ata-enäniň dost-ýarlary, umumy maglumat beriji serişdeler, saglygy saklaýjy edaralar) sreda;

3) makrosistema – ýaşayyş durmuş esaslary, kanunlar, däp-desurlar, şahsyýetiň ýaşayan jemgyýetiniň medeniýeti.

4) şeýlelikde, çaga özüni gurşap alýan sreda bilen özara täsirleşýän sosial ynsan bolup, agzalanlar oňa öwrediji täsir edýär. Pedagoglaryň belleýişleri boýunça daşky dünýä çaga üçin ony gurşap alan adamlar bilen bilelikde bilimlere, başarnyklara eýe bolmagyň has takygy baýlaşmagyň manysyna öwrülýär.

Hemme adamlar köpçülikleýin ulanylýan bilimlери bir nesilden ikinjisine geçirijidirler. Çagalaryň daşky dünýä düşünmekleriniň ösdürilmegi bu prosese has gowy düşüňän ýaşuly nesliň ýolbaşçylygynda we düşüňjeli okuwçylaryň gatnaşmagynda iki taraplaýyn köpçülikleýin pikir alyşmak esasyda amala aşyrylýar. Wagtyň geçmegi bilen bu prosesin esasynda çagalaryň aň düşüňjeleri, bilimlери ösýär we kämilleşýär.

Bu prosese düşüňmek üçin pedagog L.S. Wygotskiý çagalaryň biliminiň ösmeginiň iki derejesini belleýär. **Birinji dereje** – çaganyň kämilleşmeginiň, ösmeginiň wajyp derejesi bolup, onuň özbaşdak meseleleri çözüp bilmek ukybyny kesgitleýär. **Ikinji dereje** – bu çaganyň ukybynyň potensial ösüşini kesgitleýär. Ol çaganyň ulularyň ýolbaşçylygynda ýa-da has ukyply öz ýaşdaşlary bilen bilelikde çözüň meseleleriniň hilini kesgitleýär. Bu iki derejäniň arasyndaky uzaklygy L. S. Wygotskiý *ýakyn ösüşini zonasy (zola-gy)* atlandyrýar. Diýmek, çaganyň ösmeginiň esasyňy öwrenmek

üçin onuň ösüşiniň kämil we potensial derejelerini bilmeli we öwretmegi oňa laýyk guramaly. Pedagog L.S. Wygotskiniň kesgitlemesine görä öwretmegiň agzalan usuly çagalaryň bilimlerini, başarnyklaryny ösdürmeklik diýlip bellenen. Diýmek, *öwretmegiň amala aşyrylmagy özi bilen bilelikde ösdürmekligi döredýär.*

### **1.7.3. Öwretmekde problemalaýyn çemeleşme**

Problemalaýyn çemeleşme öwretmekde ösdürijilik ideýalaryny amala aşyrmagyň iň ygtybarly pedagogik sistemalarynyň biri hasaplanylýar. Fizikany öwretmekde okuwçylaryň okuw – terbiýeçilik prosesleriniň esasy bolup, olaryň bilesigelijiligini, döredijilik ukyplaryny we şol derse bolan höweslerini ösdürmeklik hyzmat edýär.

Problemalaýyn öwretmek ideýasynyň esasy S.L. Rubinşteýniň, A.W. Bruşlinskiň, A.M. Matýuşkiniň we başgalaryň işläp taýýarlan döredijilikli bilesigelijilikli işlemegiň kanunlaryna daýanýar. Döredijilikli bilesigelijilik prosesiniň logikasy, esasan, üç tapgyrdan ybarat hasaplanylýar.

**Birinji tapgyry** ynsanlarda öwrenmek duýgusynyň ilkinji kynçylyklarynyň döremegi, onuň ilkinji nobatdaky seljermesi we problemany anyklamagyny häsiýetlendirmekden ybaratdyr.

**Ikinji tapgyry** – problemanyň çözüliş ýollaryny gözlemekdir. Gözleg eýe bolnan bilimleriň esasynda ýa-da eksperimental barlaglarda problemany seljermekdir.

**Üçünji tapgyry** – problemany çözmek we onuň barlagy. Bu tapgyrda çözmegiň netijesi täze eýe bolnan bilimleri ulanyp, kesgitli netijeler görnüşinde ýa-da haýsy-da bolsa bir tilsimat, gurluş esaslandyrylýar. Alnan netijeler nazary derňew ýa-da eksperiment bilen barlanylýar we olaryň ylalaşygy başga düşüňjeler bilen kesgitlenilýär.

Mekdep işlerinde problemalaýyn öwretmek geçen asyryň 60–70-nji ýyllarynda polýak psihology W. Okonyň we rus pedagoglary I.Ý. Lerneriniň we M.I. Mahmutowyň problemalaýyn öwretmegiň düýp manysyny açyp görkezýän işleriniň çap edilmegi bilen giňden ulanylyp başlanyldy.

W. Okon *problemalaýyn öwretmek* hökmünde problemalaýyn hallary döretmek, problema kesgitleme bermek (oňa ýuwaş-ýuwaşdan okuwçylaryň düşünmegini gazanmak), problemalary çözmekde okuwçylara kömekleşmek, olaryň çözgüdini barlamak we ahyrda okuwçylaryň eýe bolan bilimini sistemalaşdyrmak we berkitmek ýaly täsirleriň toplумы hasaplaýar. Diýmek, *problemalaýyn öwretmegiň esasy maksady* diňe bir okuwçylaryň bilimleri, endikleri, başarnyklary öwrenmekleri bolman, eýsem, agzalanlar bilen bilelikde olarda intellektual, bilesigelijilik, döredijilik ukyplarynyň ösdürilmegi göz önünde tutulýar.

Problemalaýyn öwretmek konsepsiyanyň esasy düşüňjesi *problemalaýyn hallar, problema we problemalaýyn mesele* bolup durýar.

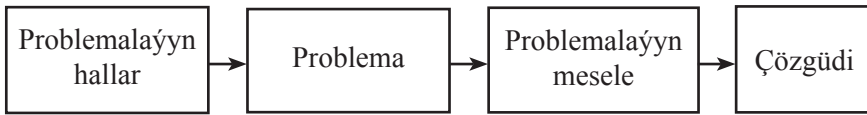
*Problemalaýyn hallar* düşünmek prosesinde öwrenijiniň önünde ýüze çykyan kynçylyklar, «päsgelçilikler» we hut onuň özünde bu hallary ýeňip geçmek, bilmek duýgularynyň oýanmagyny döretmekdir. Okuw prosesindäki problemalaýyn hallar okuwçylarda öwrenilýän meselelere bolan uly gyzyklanmany we bilesigelijilik gözlegleri üpjün etmekdir.

Ýöne öwrenijiniň kynçylyklary ýeňip geçmegi üçin başlangyç bilimi ýeterlik bolmasa, onda okuwçy tarapyndan problemalaýyn hallar çözülmeyär, problemanyň çözüliş ýollary onuň aňyna gelmeyär.

Kabul edilen we problemalaýyn ýagdaýa düşüňip bilmek bu ýagdaýlaryň problema ösüp geçmegine getirýär. Edil bu pursatdan okuwçynyň düşüňjani kabul edililik döredijiligi başlanýar. Ol özüniň bilimini we başarnygyny problemalaýyn ýagdaýlaryň başlangyç parametrlerini we gözlenilýän näbellilerini kesgitleýär, ýagny başgaça aýdylanda, okuwçy problemany *problemalaýyn meselä* öwürýär. Her bir öwreniji şol sanda okuwçy üçin hem problemalaýyn meseläniň çözgüdi (gipoteza → tejribeleýin ýa-da nazary barlag eger şowsuzlyga uçrasa (täze) gipoteza → täze barlag we ş.m.) logiki yzygiderlik gözlenilýän netijä getirýär.

Problemalaýyn gözlegiň agzalan yzygiderliligi 1.7.2-nji tablisa-da görkezilen.





Diýmek, problemalaýyn öwretmegiň başlangyjy problemalaýyn ýagdaýdan başlanýar. Problemalayıň netijeli çözülmegi öwrenijilik prosesine okuwçynyň çekilmeginiň guramaçylygyna we üstünlikli gönükdirilmegine, onuň öňde goýlan meseläni çözmekde şahsy tutanýerlilikdigine baglydyr. Ýagny okuwçynyň goýlan problema gyzyklanmagyny, onda bilesigelijilik duýgularynyň oýandyryp bilinmegini gazanmakdan we onuň çözügüni tapmakda okuwçynyň hut özüniň öň eýe bolnan bilimlerini bu problemanyň töweregine gönükdirmegi başarmalydygyny düşünmeginden ybaratdyr.

Problemalayıň hallary döretmekligiň prinsipial çemeleşmesi ilkinji nobatda psihologlaryň ylmy işlerinde seredilýär. Psiholog S.L. Rubinşteýn öz ylmy işlerinde «*Hallaryň problemasynda gapma-garşylyk ýüze çykarylanda ol has hem ýiti häsiýete eýe bolýar. Problemalayıň hallarda gapma-garşylykly maglumatlaryň bolmagy bu gapma-garşylyklaryň aradan aýrylmagyna zerur bolan aňlamaklygy döredýär*» diýip ýazýar. Diýmek, okuwçylary problemalaýyn ýagdaýlara girizmek olarda şol ýagdaýlara degişli gapma-garşylyklary döretmekdir. Okuw dersleri boýunça bilimiň mazmunyna baglylykda olaryň her birinde gapma-garşylykly hallaryň döredilişi dürlüdür.

Fizika sapagynda problemalaýyn hallary döretmek üçin gapma-garşylygyň üç hili görnüşi ulanylyp bilner:

- okuwçylaryň durmuş tejribesi bilen ylmy bilimleriniň arasyndaky gapma-garşylyk;
- okuwçylaryň öňki bilimleri bilen täze eýe bolan bilimleriniň arasyndaky gapma-garşylyk;
- fizika ylmynyň sistemasyndaky özüniň ornuny tapan obýektiw hakykat bilen fizikany öwrenmek prosesindäki gapma-garşylyk;

Okuwçylaryň durmuş tejribesi bilen olaryň ylmy bilimleriniň arasyndaky gapma-garşylyk problemalaýyn ýagdaýlary döretmegiň iň aýdyň mysalydyr. Ol has hem beter fizikany öwrenmegiň başlangyç döwründe aýdyň ýüze çykýar.

Okuwçylara jisimleriň gurluşyny öwretmek, atomyň we molekulanyň bardygyny düşündirmek olar baradaky göz önüne getirmeleri döretmek aňsat däl. Bu, esasan hem, fizikany öwrenmegiň başlangyç döwürlerinde has ýiti duýulýar. Göze görünmeýän mikro dünýäni öwrenmek ony göz önüne getirmek okuwçylara kynlyk bilen başardýar. Şonuň üçin hem mugallymlar mümkin boldugyça tejribelere köp ýüzlenmeli bolýarlar. Mugallym şular ýaly görkezme tejribeleriniň birini okuwçylaryň önünde problemalaýyn ýagdaýy döretmek üçin ulanýar.

Orta mekdebiň fizikasynda problemalaýyn beýan edilip çözmeli meseleler köp. Olarda ýagtylygyň tebigatyny öwrenmekligiň taryhy ösüş ýollaryny mysal getirip bolar. Bu mysal ulanylanda başda I. Nýutonyň ýagtylygyň tebigaty baradaky bölejik nazaryýeti we oňa garşylykly H. Gýuýgensiniň tolkun nazaryýetiniň döreýşi, olaryň tejribeleýin subut ediliş taryhy barada aýdylýar. Soňra bolsa okuwçylara ýagtylygyň, ýagny elektromagnit tolkunynyň iki sany özara gapma-garşy tolkun we bölejik häsiýete eýedigini tejribeler bilen kepillendirilýär.

Problemalaýyn ýagdaýlaryň düýp manysy okuwçylaryň öňki özleşdiren bilimleriniň we başarnyklarynyň esasynda düşündirmek zerurlygy bolan täze delilleri (faktorlary) we hadysalary çözmeklige taýýar dældiginden ybaratdyr. Her bir problemanyň problema ýagdaýlaryny özüne birikdirýändigine garamazdan, islendik problemalaýyn ýagdaý okuw problemasy bolup bilmez. Meselem, «Suwuklyklaryň üst dartuw koeffisiýentini düşündiriň?» diýip, okuwçylara mugallymyň beren sowaly problemalaýyn ýagdaýy dördedýär, emma bu sowalyň jogabyny tapmak ýokary synplarda suwuklyklaryň häsiýetlerini öwrenenlerinden soňra başardýar. Problemalaýyn ýagdaýlaryň bu häsiýetleri onuň nähililerini sapakda döretmelidigini we olary özbaşdak işlemek mümkinçilikleriniň nähilidigine, problema bolup bilmedik problemalaýyn ýagdaýlary öwretmekde nähili ulanmalydygyna baha bermek üçin wajypdyr.

Problemalaýyn ýagdaýlaryň kynçylygy okuwçylar tarapyndan çözüp bolar ýaly, bu kynçylygy ýeňip geçmekde olaryň höwesleri ýitmez ýaly bolmalydyr. Şol bir wagtda problemanyň çözgüdi derrew okuwçylaryň hemmesi tarapyndan tapylmaly däldir we problema- laýyn okuw onuň görnüşlerini çylşyrymlaşdyrmak bilen alnyp baryl- malydyr.

#### **1.7.4. Fizikany öwretmekde döredijilikli çemeleşme**

Öwretmegiň nazaryýetinde öwrenijiniň psihologiýasyna döre- dijilikli täsir etmek, takmyn, XX asyrdan ulanylyp başlandy. Bu çemeleşme ilkinjileriň hatarynda belli psiholog P.Ýa. Galperin ta- rapyndan ulanylyp başlanyldy we ol öwretmekde akyl täsiriniň, düşüňjäniň nazaryýetiniň başlançaklaýyn döredilmegine sebäp boldy. Bu psihologik nazaryýet islendik okuw dersi boýunça öwretmekligiň nazaryýetini işläp düzmekde öwrenijiniň özüniň şahsy tejribesini ulanmagyň ýollaryny düşündirýär.

Bu nazaryýet mugallymlar tarapyndan gös-göni sapaga taýýar- lykda ulanylyp bilinmeýär. Onuň islendik okuw dersiniň, şol sanda fizikanyň hem okuw prosesiniň guramaçylygynda ulanylmagy *iki tap- gyrda* amala aşyrylýar. *Birinji tapgyrda* didaktiki meseleleriň, meselem, täze okuw materialyny öwretmekde, meseleleriň çözülişi düşündirilende we ş.m. bilen baglanyşykly okuw prosesiniň modeli işlenilip düzülýär. Bu barlaglaryň esasynda fizikany öwretmegiň maksady, usulyýeti we serişdeleri barada döredijilikli çemeleşmä esaslanan göz önüne getirme- ler döredilýär. *Ikinji tapgyrda* bolsa fizika mugallymy umumylaşdyryp alnan göz önüne getirmeleri kesgitli sapaklaryň meýilnamasyny, özüniň şahsy iş sistemasyny düzmekde ulanýar.

Fizikany öwretmegiň usulyýeti ylmynda toplanan göz önüne ge- tirmeleri umumylaşdyrmak esasyda mugallymyň hut özüniň mümkin- çilikleri, başarnygy bilen okuw prosesiniň guramaçylygyny döredip bilish aýratynlygyna seredeliň.

**Okuw prosesiniň guramaçylygy** goýlan meseläniň maksadyny, mazmunyny, öwretmegiň usulyýetini, didaktiki serişdeleriniň saýla- nylyşyny özünde jemleýär.

Islendik sapagyň maksadynyň guralyşy *döredijilikli çemeleşme* okuwçylara täze bilim bermek bilen bir hatarda bu bilime laýyk gelýän ýerine ýetirmeli täsirleri amal etmekligi öwretmekden ybaratdyr. Bu ýerde «Mekdep fizikasynda öwrenilen bilimlere laýyk gelýän ýerine ýetirmeli *täsirler* nämelerkä?» diýlen sorag ýüze çykýar. Pedagogiki ylmy barlaglaryň netijesinde bu täsirler metodologik bilimler esasyda bölünip görkezilen. Mekdep fizikasynda öwrenilýän köp sanly düzüjiler, esasan: fiziki jisimler boýunça düşüňjeler; fiziki hadysalar; fiziki ululyklar; fiziki kanunlar; ylmy maglumatlar; fiziki nazaryýet; ölçeyji abzallar we tehniki gurluşlar atlandyrylýan toparlara bölünen. Bilimiň her bir düzüjisi kesgitli döredijiligiň netijesi bolup, ol ***bilimi döretmekdäki döredijilik*** atlandyrylýar. Bilimiň her bir düzüjisi kesgitli ýagdaýlara laýyk gelýän bilimi anyklamak ýa-da oňa kybapdaş ýagdaýlary döretmek üçin ulanylýar. Şunlukda, bilimiň her bir düzüjisine döredijiligiň üç görnüşi kybapdaşdyr. Olar:

- 1) bilimi «döretmek»;
- 2) bilime degişli ýagdaýlary ykrar etmek;
- 3) bilime degişli ýagdaýlary gaýtadan döretmek.

Ýokarda agzalan bilimiň görnüşlerine meňzeş umumylaşdyrylan döredijiligiň sanawy 1.7.3-nji tablisada getirilen.

1.7.3-nji tablica

№	Bilimiň görnüşi	Berlen görnüşleri bilime meňzeş döredijilik
1	2	3
1	Fiziki jisim barada düşüňje	Fiziki jisim barada düşüňjäni döretmek. Düşüňjä degişli hakyky obýektleri kesgitläp bilmek. Düşüňjä degişli obýektleri döretmek
2	Fiziki hadysa barada düşüňje	Fiziki hadysa barada düşüňje döretmek. Konkret hallardaky (KH) hadysalary tanamak. KH-daky hadysalary gaýtadan döretmek

*1.7.3-nji tablisanyň dowamy*

1	2	3
3	Fiziki ululyk barada düşünje	Fiziki ululyk barada düşünjäni döretmek. KH-daky fiziki ululygyň manysyny kesgitlemek. Berlen fiziki ululykly KH-ny döretmek
4	Fiziki kanun	Fiziki kanuny gaýtadan ýazmak. KH-daky fiziki kanuna girýän ululyklaryň bahalaryny tapmak. KH-daky obýektleriň özüni alyp barşyny öňünden kesgitlemek we düşündirmek. Fiziki kanuna boýun egýän KH-ny gaýtadan döretmek
5	Ylmy hakykat	Ylmy hakykaty döretmek. Ylmy hakykata laýyk gelýän KH-ny bilmek. Ylmy hakykata laýyk gelýän KH-ny gaýtadan döretmek
6	Fiziki nazaryýet	Fiziki nazaryýeti döretmek. Belli hadysalary, kanunlary düşündirmek. Täze obýektleri we kanunlary öňünden kesgitlemek. KH-daky (hil meselelerdäki) täze kanunlary düşündirmek we obýektlerdäki bolup geçjek özgermeleri öňünden anyklamak. KH-y (san meselelerini) hadysalary häsiýetlendirmek we ululyklary kesgitlemek
7	Ölçeýji abzallar we tehniki gurluş	Ölçeýji abzallaryň ýa-da tehniki gurluşlaryň üstünde işlemek. KH-daky ululyklary ölçemek ýa-da tehniki gurluşlaryň ulanylyşy

Mugallym özüniň islendik sapagyna görýän taýýarlygynda ylmy göz öňüne getirmeleriň we bilimiň täsirine meňzeş döredijiligiň esasynda öwretmegiň soňky önümi bolan täze bilimleri bermegiň we ony ösdürmekligiň maksatlaryny kesgitleýär. Şonuň üçin bolsa 1.7.3-nji tablisada görkezilen döredijilik işleriniň sanawyny anyklaýar. Meselem, sapakda «Ýagtylygyň serpikmegi we döwürmegi»

tema geçilende okuwçylar «ýagtylygyň serpikmegi», «ýagtylygyň döwülmegi» düşünjeleri özleşdirmeli we aýdylan düşünjeleri kesgitli hallarda döretmän, ulanmany başarmaly.

Mekdep fizikasynyň mazmuny degişli okuw maksatnamalarda we okuw kitaplarynda berilýär. Ýöne ol ýerde bilimi we başarnygy öwretmek üçin zerur bolan täsirler barada aýdylmaýar. Şonuň üçin hem fizika mugallymy özüniň her bir sapaga taýýarlygynda ösdürijilik maksatlaryny amala aşyrmak üçin zerur bolan döredijilik täsirleriniň mazmunyny açyp görkezmeli.

*Döredijilik täsirleriniň mazmuny* – döredijiligiň maksadyna ýetmek üçin öňki ulanylan täsirleriň indiki ulanyljaklaryň başlangyjy hökmünde ýerine ýetirilýän täsirleriň yzygiderligidir. Aşakdaky 1.7.4-nji tablisada fiziki hadysa düşünjesini döretmekde mugallymyň ýerine ýetirmeli umumylaşdyryjy döredijiliginiň mazmuny getirilen. Fizika mugallymy sapaga taýýarlananda öwretmeli bilimine degişli logiki çyzygyny aýdyňlaşdyrýar.

*1.7.4-nji tablisa*

№	Fiziki hadysanyň düşünjesini döretmekde ýerine ýetirilýän täsiriň mazmunynyň umumylaşdyrmasy	«Ýagtylygyň serpikmesi» düşünjäni döretmekde ýerine ýetirilýän döredijilikli işleriň mazmuny
1	2	3
1	Ýalňyz haldaky hadysanyň ýüze çykarylmagy	Howada gönüçyzykly ýaýraýan lazer ýagtylyk şöhlesi aýna plastinanyň üstüne düşende ondan serpigýär
2	«Bu nähili hadysaka» diýlen bilesigelijilikli meseläniň goýulmagy	«Serpikme näme? Bu hadysa mahsus bolan kesgitleýji sebäp nämeden ybarat?» diýlen bilesigelijilikli sowalyň goýulmagy
3	«Ýüze çykarylan üýtgeşme haýsy obýektde bolup geçýär?» diýlen bilesigelijilikli 1-nji meseläniň goýluşy	
4	Ýalňyz haldaky şertde geçirilen eksperimenti köp dürli obýektler bilen gaýtalamak	

1.7.4-nji tablisanyň dowamy

1	2	3
5	Agzalan hadysanyň bolup geçen obýektleri barada umumylaşdyryjy pikir alyşma	
6	«Haýsy obýekt bilen özaratäsirleşmede bu hadysa ýüze çykýar» diýlen bilesigelijilikli 2-nji meseleäniň goýluşy	«Ýagtylyk şöhesi diňe howadan aýna plastinanyň üstüne düşende özüniň howadaky ýaýraýyş ugrundan üýtgeýärmikä?»
7	Dürli özaratäsirleşýän obýektler bilen birnäçe eksperiment geçirmek	Biri-biri bilen galtaşma üsti bolan iki goşa (howa-aýna, howa-suw, aýna-suw we ş.m.) sredalar bilen eksperiment geçirmek
8	Fiziki hadysany döredýän obýektleriň özaratäsirleşmesi barada umumylaşdyryjy pikirlenmäniň kesgitlemesi	Iki sredanyň araçäğine ýagtylyk şöhesi düşende şöhle özüniň ýaýraýyş ugruny üýtgedýändigini barada umumylaşdyryjy kesgitleme
9	Täze obýekti atlandyrmagyň gözlegi	Iki sredany araçäkleşdirýän üstlere at dakmak
10	Kesgitlemäni düzmek	«Iki sredanyň galtaşýan üstüni birleşdirýän göniçyzyk – sredalaryň serhedi.»
11	«Obýektleriň arasynda bolup geçýän özaratäsirleşme nähili şertlerde hadysany döredýär?» diýlen bilesigelijilikli 3-nji meseleäniň goýluşy	«Ýagtylyk nähili şertde iki sredanyň araçäğine düşüp, ondan serpigýär?» diýlen bilesigelijilikli 3-nji meseleäniň goýluşy.
12	Dürli özaratäsirleşme köp sanly eksperimenti geçirmek	Eksperimenti ýagtylyk şöhesiniň dürli düşme burçunda geçirmek
13	Obýektleriň özaratäsirleşme şertlerini umumylaşdyryjy pikir alyşma	Obýektleriň özara araçäginiň ýagtylyk dessesine görä islendik hilli ýerleşmesinde serpikme bolup geçýär diýlen maglumatyň kesgitlemesi

1	2	3
14	Hadysa barada umumy pikir alyşma	Ýagtylyk şöhesi iki sredanyň araçağıne düşende ol birinji sreda boýunça yzyna serpigýär diýlen pikir ýöretmegiň kesgitlemesi
15	Kesgitlemäni düzmek	Ýagtylygyň iki sredanyň araçağıne düşüp, özüniň birinji sredada ýaýraýyş ugruny üýtgetmegine – ýagtylygyň serpikmegi diýilýär

### 1.7.5. Fizika mugallymyň okuw işleriniň meýilleşdirilişi

Mugallymyň okuw işleriniň göwnejaý meýilleşdirilmegi onuň okuw ýyly boýunça döredijilikli işiniň dogry, didaktikanyň talabyna laýyk bolmagyny üpjün edýär.

Mugallymyň döredijilikli işi Bilim ministrligi tarapyndan hödür-lenilýän maksatnama boýunça taýýarlanylmalýdyr. Bu maksatnama dowlet resminamasy bolup, onuň hemme talaplarynyň ýerine ýetiril-megi hökmanydyr.

*Fizika mugallymyň işiniň meýilleşdirilişiniň mysaly nusgasy «Mugallymlar gazetinde» çap edilýär.* Ol ýaş fizika mugallymlaryň hususy iş meýilnamasyny düzmäge gollanma bolar. Umuman mu-gallymyň okuw işiniň meýilnamasy sapaklaryň mazmunyny, okuw-çylaryň synpda we öýde ýerine ýetirmeli işlerini, sapaga taýýarlamaly görkezme tejribeleri, frontal hasap tejribe işlerini, ÖTS-leri önünden kesgitlemäge ýardam berýär.

Adatça, mugallymlar *ýyllyk, kalendar-temalaýyn we sapaklaýyn* atlandyrylýan üç meýilnama taýýarlaýar.

**Ýyllyk meýilnama** – okuw materiallarynyň çärýekler boýun-ça paýlanylyşydyr. Ony taýýarlamak üçin fizika mugallymy Bilim ministrligi tarapyndan şol okuw ýyly üçin hödürlenen fizikanyň okuw maksatnamasyny gowy öwrenmeli. Her çärýege näçe okuw



hepdesiniň düşýändigini we hepdede her synpda fizika sapagynyň näçe sagat okadylmalydygyny hasaplamaly.

Adatça, okuw ýyly Sentýabr aýynyň 1-inden Maý aýynyň 25-ine çenli jemi 34 hepde dowam edýär. Ol dört çärýege aşakdaky tertipde bölünen:

I çärýek 1-nji sentýabrdan – 22-nji oktýabra çenli (8 hepde);

II çärýek 1-nji noýabrdan – 28-nji dekabra çenli (8 hepde);

III çärýek 13-nji ýanwardan – 20-nji marta çenli (10 hepde);

IV çärýek 29-njy martdan – 25-nji maýa çenli (8 hepde).

Ýyllyk okuw meýilnama düzülende mugallym ätiýaçlyk sagadyny göz önünde tutmaly. Sebäbi, ýylyň dowamynda käbir halatlarda baýramçylyklar bilen we beýleki käbir garaşylmadyk sebäplere görä meýilnamada üýtgeşmeleriň ýüze çykmagy mümkin.

Ýyllyk meýilnama erkin mugallymyň özüne amatly görnüsde taýýarlanylýar.

***Mugallym ýyllyk meýilnama düzeninden soňra her bir okatjak temasy boýunça kalendar-temalaýyn meýilnamasyny düzýär.***

Kalendar-temalaýyn meýilnama – munuň özi hemme okuw materiallarynyň temalar boýunça paýlanylyşydyr. ***Düzgün boýunça kalendar-temalaýyn meýilnama ýarym ýa-da bir ýyllyk taýýarlanylýar we mekdebiň müdirligi tarapyndan tassyklanylýar.***

Kalendar-temalaýyn meýilnama taýýarlanylanda her bir aýratyn sapagyň umumy bilim ulgamynyň bir düzüjisidigini, onuň öňki geçilen okuw-terbiýeçilik materialyna daýanyandygyny we indiki geçirilmeli sapaga taýýarlykdygyny unutmaly däl. Dogry düzülen meýilnama üstünligiň girewidir. Bilim ulgamynyň iň ilkinji we hökmany düzüjisidir.

Mugallym kalendar-temalaýyn meýilnamany düzmeklige girişmezden önürti maksatnama boýunça hödürlenýän okuw kitabyň mazmuny, aýry-aýry temalaryň göwrümi, olara degişli çözmeli jumuşlar bilen tanyşmalydyr.

***Kalendar-temalaýyn meýilnama mugallymyň sapaga görýän taýýarlygyny ýeňilleşdirýär. Ol mugallymyň tejribesiniň artmagy bilen giňeldilýär we kämilleşdirilýär.***

Umuman kalendar-temalaýyn meýilnama düzmekligiň hökmany talap edilýän görnüşü ýok. Aşakda onuň mysaly görnüşü 1.7.5-nji tablisa görkezilen.

*1.7.5-nji tablisa*

Sapagyň tertibi	Geçirilýän senesi	Temasy	Sapagyň görnüşü	Gaýtalamak	Bilimlerin barlag görnüşü	Fiziki tejribe	Gönükme	Öý işi	Bellik
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Sapagy meýilleşdirmekligiň maksady okuwyň guramaçylygyny, onuň okuw-terbiýeçilik meselelerini bir sapakda, kesgitli synpda okuwçylaryň taýýarlyk derejelerini, ukyplaryny, mekdebiň üpjünçiligini hasaba alyp, taýýarlyk işlerini üstünlilik ulgamlaşdyrmaklykdan ybaratdyr.

### **1.7.6. Fizika mugallymyň sapaga taýýarlygy. Sapagyň ýazgysy we meýilnamasy**

Sapagyň maksady takykklananyndan soňra mygallym özleşdirmeli materialyny toplaýar. Bu maksat bilen ol başda üns bilen zerur goşmaça materialyň göwrümini kesgitleýär. Okuw kitaby bilen içgin tanyşmaklyk mugallyma okuwçylar bilen işlemäge we öý işlerini tabşyrmaga mümkinçilik berýär. Mundan soňra mugallym okadyljak tema degişli materiallary özünde saklaýan ylmy – köpçülikleýin edebiýatlar bilen tanyşýar.

Okuwçylar saýlanan temany doly özleşdiren ýagdaýynda mugallym olaryň bilesigelijiligini artdyrmaklyga ýardam berjek sapagyň düzümini we onuň geçiriliş usulyýetini kesgitleýär. Bu işleri amala aşyrmak üçin mugallym öwretmegiň usulyýeti boýunça ýazylan edebiýatlary okamalydyr.

Sapaga taýýarlanylanda mugallym okuwçylara hödürlenjek meseleleri öňünden özi çözüp usulyýet taýdan derňäp, ondan gelip çykýan netijeleri anyklamalydyr. Okuwçylar bilen çözülýän her bir

fiziki mesele olarda täze başarnygy, ukyby nazary bilimi we amaly endigi ösdürmeklige ýardam bermelidir. Her bir mugallym bu agzalanlary öňünden özi duýmalydyr.

Fizikadan sapaga taýýarlanylanda geçiriljek tema degişli hasap we görkezme tejribelerini mugallymyň hut özi geçirip görmelidir.

Bu işler ýerine ýetirilenden soňra fizika mugallymy sapagyň meýilnamasyny taýýarlamaklyga girişýär. *Sapagy meýilleşdirmekligiň maksady okuwýň guramaçylygyny, onuň okuw-terbiýeçilik meselelerini bir sapakda, kesgitli synda okuwçylaryň taýýarlyk derejelerini, ukyplaryny, mekdebiň üpjünçiligini hasaba alyp, taýýarlyk işlerini üstünlikli utgaşdyrmaklykdan ybaratdyr.*

*Sapagyň meýilnamasy aşakdaky düzüjiler bolmalydyr:*

- sapagyň temasy we maksady;
  - sapagyň düzümi bölegi we olaryň her biriniň dowamlylyk wagty;
  - okuwçylaryň bilimini barlamagyň usulyýeti we mazmuny;
  - täze temany öwrenmekligiň yzygiderlilik we usulyýeti;
  - görkezme tejribeleriniň sanawy we olaryň kesgitleýji maglumatlary;
- ÖETS-ler we beýleki aýdyňlyk serişdeleri;

Öý işi.

8-nji synp üçin «**Geçirijiniň garşylygy**» bu tema «Hemişelik toguň kanunlary» bölümünde «Tok güýji. Tok güýjüniň dykzlygy» temanyň yzyndan «Elektrik hereketlendiriji güýç» we «Doly zynjyr üçin Omuň kanuny» temalaryň öňünden geçilýär. Geçirijileriň garşylygyny nusgawy nazaryýet boýunça düşündirmeli.

**Sapagyň №.... Sapagyň temasy: «Geçirijiniň garşylygy».**

**Sapagyň maksady** didaktikanyň hemme tilsimlerini öz içine almalydyr:

**Bilim bermek boýunça:** tok, ony häsiýetlendirýän ululyklar bolan  $I$  – tok güýji,  $U$  – naprýaženiýe we geçirijiniň  $R$  – garşylygy olaryň arasyndaky baglanyşygy, şonuň ýaly hem nusgawy nazaryýet boýunça geçirijiniň garşylygyny okuwçylara düşündirmekden ybaratdyr.

**Terbiýe berijilik boýunça:** fiziki hadysalary, nazaryýeti öwrenmekde tejribäniň ornuny, bu kanunlary döreden alymlaryň döredijilik işlerini okuwçylara gürrüň berip, ýaşaýşyň zähmet bilen berk baglanyşygyny görkezmeli.

**Ösdürmeklik boýunça:**  $y = kx$  we  $y = b/x$  görnüşli funksional baglanyşygyň fizikada ulanylyşyna okuwçylarda aň etmekligi art-dyrmak.

**Sapagyň meýilnamasy:**

1. Guramaçylyk döwri – 2 min.
2. Öýe berlen ýumuş boýunça bilimleri barlamak we okuwçylary işjeňleşdirmek – 5 min.
3. Täze okuw materialyny düşündirmek – 25 min.
4. Geçilen sapagy berkitmek – 10 min.
5. Sapagy jemlemek we öý işlerini tabşyrmak – 3 min.

**Sapaga zerur gurallar**

BC-4-12 kysymly tok çeşmesi (göneldiji), garşylyklar toplумы, reo-stat, köpçülige görkezilýän ampermetr we woltmetr, geçiriji simler.

Okuwçylaryň bilimini barlamak (frontal ýa-da test boýunça ge-çirmeli):

1. Tok diýlip nämä aýdylýar?
2. Toguň ugry hökmünde nähili ugur alynýar?
3. Metallarda togy döredijiler nämä?
4. Toguň güýji nämä we onuň aňlatmasy?
5. Tok güýjüniň dykzlygy diýip nämä aýdylýar we onuň aň-latmasy?
6. Tok güýjüniň dykzlygynyň HS-daky ölçege birligi.

**Täze temany düşündirmek**

1. Zynjyryň bölegi üçin Omuň kanunyny tejribe üsti bilen bar-lamak.

2. Geçirijiniň garşylygy bilen tok güýjüniň ters baglanyşygyny görkezmek.

3. Metallaryň elektrik geçirijiligini ýönekeý elektron nazaryýet boýunça düşündirmek. Fizika-matematika boýunça ýöriteleşdirilen synplaryň okuwçylary

$$I = \frac{e^2 n \gamma S}{2m v_{\text{ýyl}} l} U,$$

Omuň kanunyny elektron nazaryýeti boýunça getirip çykarmaly. Bu ýerde synag okuw kitaby hökmünde hödürlenen kitapda bolmasa-da okuwçylaryň dykgatyna  $I = env_{\text{ter}}S$  aňlatmany ýetirmeli. Soňra geçirijidäki elektrik meýdanynyň her bir elektrona täsir edýän  $F$  güýjüň

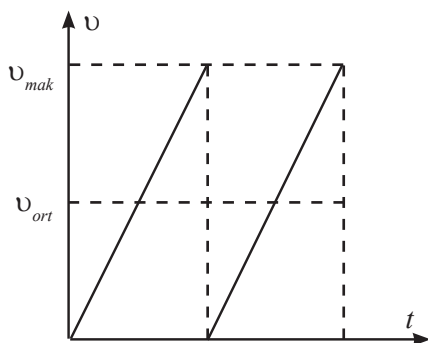
$$F = eE = ma \quad \text{ýa-da} \quad E = U/l \quad \text{aňlatmasyny göz öňünde tutup,}$$

$$a = F/m = eE/(lm), \quad \text{ýazyp bolar.}$$

Bu ýerden bolsa, elektrik togunyň tertipli hereketiniň orta tizliginiň aňlatmasyny alarys:

$$v_{\text{ort}} = \frac{at}{2} = \frac{eUt}{2lm}.$$

Bu ýerde okuwçylaryň ünsüni elektronlaryň tertipli hereketinde kristal gözenegiň düwündäki ionlar bilen çakyşmanyň öňüsyrasynda maksimal baha ýetýändigini we çakyşan pursadynda, olar özlerriniň tizliklerini doly ýetirýärler. Özüniň tizligini dolulygyna iona berýändigini düşündirmeli. Şeýlelikde, elektronyň orta tizligi deregine onuň maksimal tizliginiň ýarym bahasyny alynýandygyny çyzgyda görkezmeli (1.7.1-nji surat). Elektronyň kristal gözenegiň düwündäki ion bilen iki yzygider çakyşmasynyň arasyndan geçýän erkin ylgawynyň ýoluny  $\lambda$  bilen belläp,  $t = \lambda/v_{\text{ýyl}}$  bu ýerden bolsa,



1.7.1-nji surat. Elektronyň tertipli hereketiniň maksimal we orta tizlikleri

$$v_{\text{ort}} = \frac{at}{2} = \frac{eU\lambda}{2lmv_{\text{ýyl}}},$$

onuň orta tizliginiň aňlatmasyny alyp, metal geçirijiniň içinde elektronlaryň tertipli hereketi netijesinde döreýän tok güýjüniň ululygynyň aňlatmasyny gutarnykly alarys:

$$I = \frac{e^2 n \lambda S}{2 l m v_{\text{ýyl}}} U.$$

Bu deňligi zynjyryň bölegi üçin Omuň  $I = U/R$  we  $R = \rho l/S$  kanuny bilen deňeşdirip,

$$\rho = \frac{2m v_{\text{yyl}}}{e^2 n l},$$

okuwçylara nusgawy nazaryýet boýunça udel garşylygyň ylmy esasynda manysyny düşündirmeli.

***Öwredilen sapagy berkitmek üçin meýilnama:***

$U$  = hemişelik bolanda  $I = f(R)$  baglanyşygyň grafigini gurmaly.

$R = f(\gamma)$  baglanyşygyň grafigini gurmaly.

(7-nji synpyň materialynyň esasynda):

3.  $R = R_1 + R_2$  deňligi ýatlamaly.

4.  $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$  deňligi ýatlamaly.

5. Mesele çözmeli.

**Öý işi sahypasy we mesele ....**

## FIZIKANY ÖWRETMEGIN HUSUSY MESELELERI

---

### 2.1. MEKDEP FIZIKASYNDA MEHANIKA ÖWRETMEK

#### 2.1.1. Umumybilim berýän orta mekdeplerde fizika dersiniň mazmuny

Umumybilim berýän orta mekdeplerde fizika dersi ylym hökmünde esaslandyrylar. Onuň mazmunyna düşüňjeler, kanunlar, gipotezalar, nazaryýet, gözegçilik, fundamental tejribeler, modeller, fizikanyň usulyýeti we fizikanyň halk hojalygynda peýdaly amaly işlerde ulanylyşy we ş.m. girýär.

Umumybilim berýän orta mekdeplerde fizika okuw dersiniň mazmuny fizika ylmynyň häzirki zaman ösüş derejesine, onuň beýleki dersler, durmuş, tehnika, elektronika, ösüşi bilen arabaglanyşygynyň saýlanyşyna, döwletiň bilim syýasatyna baglydyr.

Bu talap birnäçe dürli ugurlar boýunça okuw maksatnamalaryň esasynda durmuşa geçirilýär.

Umumybilim berýän orta mekdeplerde fizika kursunyň mazmunyna häzirki zaman fizikanyň meseleleri bolan otnositelligiň ýörite nazaryýeti, kwant fizikanyň bölümleri (Boruň kwant postulatary, materiýanyň korpuskulyar-tolkun ikileýin häsiýeti we ş.m.), atom, ýadrosynyň we elementar bölejikler fizikasy we häzirki zaman elektronikasynyň gazananlary innowasion tehnologiýanyň fiziki esaslary girizilen.

Mekdep fizika kursunda nusgawy fizikanyň meseleleri häzirki zaman teswirleme esasynda ulanylýar. Meselem, mehanikada hasaplamanyň inersial sistemasyny ündeýji bolup durýan, Nýutonyň II

kanunynyň teswirlemesinde jisimleriň arasyndaky özaratäsire seredilip, ondan bolsa massa, güýç we hereketiň otnositellik we ş.m. düşünjeleriniň öwrenilmegine geçilýär.

Molekulýar fizika bölümünde makroskopik häsiýetleri düşündirmekde statistik we termodinamik usullar, molekulýar-kinetik nazaryýetiň esasy deňlemesi we ortastatistik parametrler we ýylylyk prosesleriň öwrülişikli däl çemeleşmeler ulanylýar.

Elektrodinamika kursunda esasy üns elektromagnit meýdany düşünjesiniň kemala gelmegine gönükdirilýär.

Elektrostatik, hemişelik elektrik we magnit köwlenme elektrik, magnit meýdanlary saýlanan hasaplama sistema baglylykda elektromagnit meýdanynyň şahsy haly hökmünde seredilýär. Elektromagnit induksiýa hadysasynyň döremeginiň ylmy teswirlemesi magnit meýdanynyň üýtgemeginde köwlenme elektrik meýdanynyň döremeginiň sebäbi hökmünde seredilýär.

Şeýlelikde, fizika dersiniň mazmuny okuwçylarda statistik, meýdan we kwant göz önüne getirmeleriň kemala gelmegini döredýär.

### **2.1.2. Kinematikanyň esasy düşünjeleriniň öwrenilişi we derňelişi**

Mehaniki hereket edýän jisimiň islendik wagt pursadynda tekizlikde ýa-da giňişlikde eýe bolýan hallaryny kesgitlemegiň usullary belli bolsa, onda onuň hereketini doly suratlandyryp bolar. Jisimiň kinematiki hereketini doly suratlandyrmak üçin nämeler zerurka?

Munuň üçin ilkinji nobatda **hasap jisimini**, ýagny jisimiň nämä otnositel (görä) hereket edýändigini takyklamak zerurdyr. Gözegçilikleriň görkezişi ýaly jisimiň kinematiki halyny suratlandyrmaklyk (ol hereketdemi ýa-da dynçlykda), hereketiň ugry, tizligi we ş.m. häsiýetlendiriji ululyklary hasap jisiminiň alnyşyna baglydyr.

Şonuň ýaly hem okuwçylara hereket edýän jisimiň hususy ölçeglerini nähili hasaba almalydygyny düşündirmeli. Eger jisimiň hemme nokatlary birmeňzeş tizlik bilen hereket edýän bolsa, onda hereketi häsiýetlendirmek üçin onuň bir nokadynyň hereketini surat-



landyrmak ýeterlikdir. Munuň ýaly hereketiň mysaly bolup, jisimiň öňe (yza) bolan hereketi hyzmat edýär. Hereket edýän jisimde geçirilen islendik çyzyk öz-özüne parallel ornuny üýtgetse, onda ol jisim **öňe (yza) hereket** edýär diýilýär.

Seredilýän meseläniň çäginde jisimiň hususy ölçegleri hasaba alardan has kiçi we onuň massasy bir nokatda jemlenen diýlip hasap edip bolýan halatynda ony **material nokat** hökmünde kabul edip bolýandygyny okuwçylara düşündirmeli.

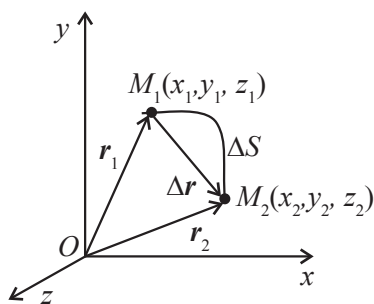
Mysal üçin, Günüň daşynda Ýeriň hereketi öwrenilende ony material nokat hökmünde kabul edip bolar.

Jisimleriň mehaniki hereketi öwrenilende onuň material nokadynyň hereketini suratlandyrmak ýeterlikdir.

Material nokadyň giňişlikde (ýa-da tekizlikde) üznüksiz zyzgiderli eýe bolan nokatlaryna **traýektoriýa** diýilýär. Traýektoriýanyň görnüşi hasaplaýyş sistemasyna baglydyr. Mysal üçin, deňölçegli hereket edip barýan otludan öz erkine bir jisim gaçyrylsa, onda otly bilen baglanyşykly hasaplaýyş sistema görä ol werikal traýektoriýa boýunça aşak gaçar. Emma bu jisimiň Ýer bilen baglanyşykly hasaplaýyş sistemasyna görä traýektoriýasy parabola bolar.

Fizikada mehaniki hereketi suratlandyrmagyň dürli usullary bar. Olaryň biri material nokadyň geçen ýolunyň hereketiniň wagta baglylygyny häsiýetlendirmek bilen amala aşyrylýar. Olaryň beýlekisi bolsa material nokadyň radius-wektorynyň wagta bagly üýtgemegini häsiýetlendirip suratlandyrylýar. Ikinji usul saýlananynda başda okuwçylara radius-wektoryň nämedigini düşündirmeli. Munuň üçin hereket edýän material nokadyň hasap jisimine görä giňişlikdäki ýagdaýyny kesgitlemeli. Ýagny gönüburçly (dekart) koordinata sistemasynda hereketiň başynda material nokadyň  $M_1(x_1, y_1, z_1)$  koordinatalary bellenilýär. Hereket başlanyndan kesgitli wagt geçenden soň hereketi öwrenilýän material nokadyň eýeleýän ikinji  $M_2(x_2, y_2, z_2)$  koordinatasyny bellemeli.

Indi bu nokatlary koordinat oklarynyň başlangyjy 0 bilen wektorlar arkaly birikdireliň. Soňra  $M_1(x_1, y_1, z_1)$  we  $M_2(x_2, y_2, z_2)$  nokatlary *koordinat okunyň* başlangyjy bilen birikdirýän wek-

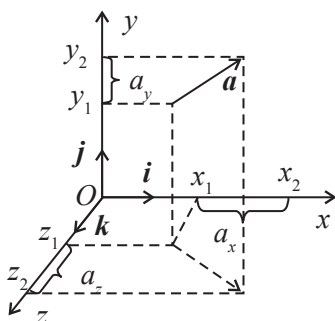


2.1.1-nji surat. Gönüburçly koordinat sistemasynda material nokadyň hereketi

doly kesgitleýändigini okuwçylar düşünmeli. Şeýlelikde, hasap jisi-mi, onuň bilen baglanyşdyrylan koordinata sistemasy we wagt hasaplaýjy sagat bilelikde *hasaplaýyş sistemasyny* düzýändigini, material nokadyň hereketi öwrenilende koordinat usuly *hasaplaýyş sistemasy* bilen berk baglanyşkdadygyny okuwçylara düşündirmeli.

Okuwçylar orun üýtgetme, tizlik, tizlenme düşüňjeleri bilen tanyşdyrylanda bu ululyklaryň wektor häsiýetlidigini düşündirmek örän wajypdyr. Şonuň üçin hem, okuwçylaryň dinamikany öwrenmänkäler wektor ululyklary we olar bilen geçirilýän amallary öwrenmekleri zerurdyr.

### 2.1.3. Wektor ululyklar



2.1.2-nji surat.  
*a* wektoryň *x*, *y*, *z* koordinat oklara proyeksiýasy

torlary degişlilikde,  $r_1$  we  $r_2$  bilen belläliň. Agzalan  $r_1$  we  $r_2$  wektorlar radius-wektorlardyr (2.1.1-nji surat).

Diýmek, *başlangyjy koordinata okunyň başlangyjyny soňy bolsa käbir material nokadyň giňişlikdäki ýerleşiş ýagdaýyny aňladýan wektora bu material nokadyň radius-wektory* diýilýär.

Bu halda *x*, *y*, *z* üç koordinata bilelikde (ýa-da *r* radius-wektor) material nokadyň giňişlikdäki halyny

doly kesgitleýändigini okuwçylar düşünmeli. Şeýlelikde, hasap jisi-mi, onuň bilen baglanyşdyrylan koordinata sistemasy we wagt hasaplaýjy sagat bilelikde *hasaplaýyş sistemasyny* düzýändigini, material nokadyň hereketi öwrenilende koordinat usuly *hasaplaýyş sistemasy* bilen berk baglanyşkdadygyny okuwçylara düşündirmeli.

Okuwçylar orun üýtgetme, tizlik, tizlenme düşüňjeleri bilen tanyşdyrylanda bu ululyklaryň wektor häsiýetlidigini düşündirmek örän wajypdyr. Şonuň üçin hem, okuwçylaryň dinamikany öwrenmänkäler wektor ululyklary we olar bilen geçirilýän amallary öwrenmekleri zerurdyr.

*Wektor diýip, islendik hasaplaýyş sistemada kesgitli ugrukdyrylan kesime laýyk gelyän ululyga aýdylyar.*

Ol fiziki ululyklaryň san bahasyny we ugruny häsiýetlendirýär. Mysal üçin, hereketiň tizligi, tizlenmesi, güýç, impuls, elektrik meýdanynyň güýjenmesi, magnit meýdanynyň induksiýasy, tok güýjüniň dykzlygy we ş.m. ululyklar wektor ululyklardyr. Ýokarda bellenişi ýaly, *başlangyjy*

**koordinata okunyň başlangyjy bilen, soňy bolsa, käbir material nokadyň giňişlikdäki ýerleşiş ýagdaýyny aňladýan wektora bu material nokadyň radius – wektory** diýilýär. 2.1.1-nji suratda  $r_1$  we  $r_2$  radius-wektorlardyr. Wektor ululyklar ýa-da üsti kiçijik peýkamly ( $\vec{a}$ ) ýa-da has gara ( $a$ ) edilip belgilenýär. Gönüburçly koordinatalar sistemasynda **radius-wektor**

$$\mathbf{r}(t) = x(t)\mathbf{i} + y(t)\mathbf{j} + z(t)\mathbf{k}, \quad (2.1.1)$$

görnüşinde ýazylýar. Bu ýerde  $\mathbf{i}$ ,  $\mathbf{j}$  we  $\mathbf{k}$ , degişlilikde,  $x$ ,  $y$ ,  $z$  koordinat oklarynyň birlik wektorydyr. Birlik wektorlar üçin  $|\mathbf{i}| = |\mathbf{j}| = |\mathbf{k}| = 1$  ýerliklidir.

1. Islendik wektoryň koordinata oklar boýunça proyeksiýasy alnyp bilner. Mysal üçin,  $\mathbf{a}$  wektoryň degişli koordinata oklar boýunça proyeksiýalary  $a_x$ ,  $a_y$ ,  $a_z$  görnüşde ýazylýar. 2.1.2-nji surata laýyklykda

$$a_x = x_2 - x_1, \quad a_y = y_2 - y_1, \quad a_z = z_2 - z_1, \quad (2.1.2)$$

bu ýerde  $x_1$ ,  $y_1$ ,  $z_1$  – wektoryň *koordinatasynyň* başlangyjy,  $x_2$ ,  $y_2$ ,  $z_2$  – wektoryň *koordinatasynyň* ahyry.

Radius-wektoryň ( $\mathbf{r}$ ) başlangyjynyň nola deňligi sebäpli, koordinata oklara radius wektoryň proyeksiýasy degişli koordinata oky boýunça özüniň modulyna deňdir:

$$r_x = x, \quad r_y = y, \quad r_z = z. \quad (2.1.3)$$

Wektoryň proyeksiýasynyň skalýar ululykdygyny unutmaly däl-dir.

2. Wektoryň  $|\mathbf{a}|$  absolýut ululygy ýa-da başgaça, onuň  $a$  moduly wektoryň uzynlygyna deň bolan kesim bilen aňladylan skalýara deňdir. Pifagoryň teoremasyndan peýdalanyp,

$$\begin{aligned} |\mathbf{a}| &= a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2} = \\ &= \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2} \end{aligned} \quad (2.1.4)$$

ýazyp bolar (2.1.2-nji surat).

Radius-wektoryň moduly bolsa,

$$|\mathbf{r}| = r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}. \quad (2.1.5)$$

## 2.1.4. Wektor ululyklar bilen käbir amallar

1. Iki wektoryň jemi täze üçünji wektor bolup, onuň proyeksiýasy degişli goşulyjylaryň proyeksiýalarynyň jemine deňdir. Eger  $\mathbf{a}$  we  $\mathbf{b}$  goşulyjy wektorlaryň proyeksiýalary degişlilikde  $(a_x, a_y, a_z)$  we  $(b_x, b_y, b_z)$  bolsa, onda kesgitlemä laýyklykda:

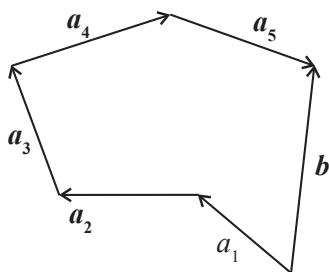
$$\begin{cases} c_x = a_x + b_x; \\ c_y = a_y + b_y; \\ c_z = a_z + b_z, \\ c = a + b, \end{cases} \quad (2.1.6)$$

ýazyp bolar.

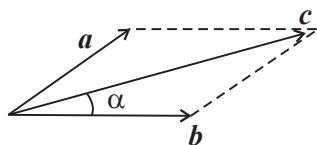
2. Goşulýan wektorlaryň ornunyň üýtgemegi olaryň jemine täsir edenok:

$$\mathbf{a} + \mathbf{b} = \mathbf{b} + \mathbf{a}, \quad (2.1.7)$$

$$\mathbf{a} + \mathbf{b} + \mathbf{c} = (\mathbf{a} + \mathbf{b}) + \mathbf{c} = \mathbf{a} + (\mathbf{b} + \mathbf{c}). \quad (2.1.8)$$



2.1.3-nji surat. Wektorlaryň goşulyşy



2.1.4-nji surat. Bir nokatdan çykýan wektoryň goşulyşy

3. Köpburçluk düzgüni boýunça baş wektoryň jemi (2.1.3-nji surat) olary utgaşdyryjy  $\mathbf{b}$  wektoryň jemine deňdir:

$$\mathbf{b} = \mathbf{a}_1 + \mathbf{a}_2 + \mathbf{a}_3 + \mathbf{a}_4 + \mathbf{a}_5. \quad (2.1.9)$$

Bir nokatdan çykýan  $\mathbf{a}$  we  $\mathbf{b}$  wektorlary goşmak, ýagny olaryň deňtäsiredijisini tapmak üçin parallelogram düzgüninden peýdalanmaly (2.1.4-nji surat). Munuň üçin  $\mathbf{a}$  we  $\mathbf{b}$  wektorlaryň her biriniň uçlaryndan degişlilikde, ikinjisine parallel üzňe çyzyklar geçirmeli. Emele gelen ýitiburçly dörtburçlugyň diagonalyny geçirip, ony  $\mathbf{c}$  wektor bilen bellemeli. Wektorlaryň goşulma düzgünine laýyklykda bu wektor

$$\mathbf{c} = \mathbf{a} + \mathbf{b}, \quad (2.1.10)$$

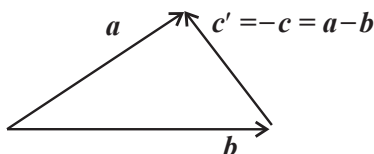
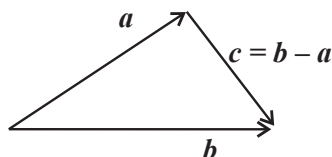
deň bolar.

**4. Wektorlaryň tapawudy:** iki wektoryň tapawudyny tapmak üçin ol wektorlaryň başlangyjyny bir nokatda ýerleşdirmeli (2.1.5-nji *a, b suratlar*). Bu halda

$$c = b - a. \quad (2.1.11)$$

Munuň subudy köpburçluk düzgüninden gelip çykýar, ýagny

$$a + c = b.$$



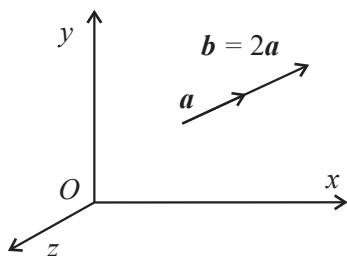
2.1.5-nji *a, b suratlar*. Wektorlaryň tapawudy

Eger *a* wektor *k* skalýar ululyga köpeldilse, proyeksiýasy *a* wektoryň deňişli proyeksiýasyndan *k* esse uly bolan täze *b* wektor ululyk alnar. Bu düzgüne laýyklykda

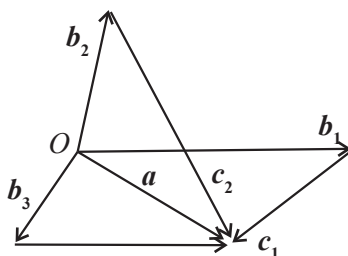
$$b = ka \quad \begin{cases} b_x = ka_x; \\ b_y = ka_y; \\ b_z = ka_z. \end{cases} \quad (2.1.12)$$

Bu düzgün bitin položitel *k* san üçin wektorlaryň goşulma düzgüninden gelip çykýar.

Wektor skalýara köpeldilende onuň ugry üýtgänok, diňe täze wektoryň moduly *k* esse ulalýar (2.1.6-njy *surat*).



2.1.6-njy *surat*. Wektory skalýara köpeltmek



2.1.7-njy *surat*. Wektory düzüjilere dargatmak

$$b = \sqrt{b_x^2 + b_y^2 + b_z^2} = \sqrt{k^2 a_x^2 + k^2 a_y^2 + k^2 a_z^2} = k\sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2} = ka.$$

**5. Wektor ( $\mathbf{a}$ ) noldan tapawutly bolan ( $k \neq 0$ ) skalýara bölünse, öňki wektordan  $k$  esse kiçi bolan  $\mathbf{b}$  wektor alynýar.** Bu düzgüne laýyklykda:

$$\mathbf{b} = \frac{\mathbf{a}}{k}, \quad b_x = \frac{a_x}{k}, \quad b_y = \frac{a_y}{k}, \quad b_z = \frac{a_z}{k}. \quad (2.1.13)$$

Wektor skalýara bölünende onuň ugry üýtgemeyär, diňe ol bölüji skalýaryň  $k$  ululygy ýaly esse kiçelýär (2.1.13-nji aňlatma).

*Wektory iki düzüjä dargatmak köpburçluk düzgüni boýunça bir  $\mathbf{a}$  wektory  $\mathbf{a} = \mathbf{b} + \mathbf{c}$  şerti berjaý edýän iki  $\mathbf{b}$  we  $\mathbf{c}$  wektorlaryň jemi bilen çalşyrmakdyr.* Bu düzgün boýunça wektor dargadylanda  $\mathbf{b}$ ,  $\mathbf{c}$  we  $\mathbf{a}$  wektorlar ýapyk üçburçlugy döredýärler. Dargadylýan wektoryň töwereginde munuň ýaly üçburçluklaryň islendik sanyny döredip bolar:  $\mathbf{a} = \mathbf{b}_1 + \mathbf{c}_1$ ;  $\mathbf{a} = \mathbf{b}_2 + \mathbf{c}_2$ ;  $\mathbf{a} = \mathbf{b}_3 + \mathbf{c}_3$  we ş.m. (2.1.7-nji surat).

### 2.1.5. Hereketiň görnüşleri we deňlemeleri

Hereketiň görnüşlerini öwretmek, köplenç, koordinatlar oklary usulyňa esaslanylýar. Munuň üçin, hasaplaýyş sistemasy we nokadyň koordinaty düşüňjeler girizilýär (2.1.1. temada seredildi). Bu düşüňjeler bilen okuwçylar kinematikanyň esaslary öwrenilende we matematika dersinde tanyşandyrlar. Seredilýän halda material nokadyň tekizlikdäki hereketi öwreniljekdigi üçin  $oxy$  koordinat oklaryny ulanmak ýeterlidir.

Başda jisimiň (ýa-da material nokadyň) **gönüçyzykly deňölçegli we egrüçyzykly hereketleri barada** bu hereketlerde traýektoriya, orun üýtgetme düşüňjeleri okuwçylara öwredilýär.

Eger jisim özüniň gönüçyzykly hereketinde diňe bir tarapa hereket edýän bolsa, onda onuň orun üýtgetmesiniň moduly geçilen ýola deňdir  $\Delta \mathbf{r} = |\mathbf{S}| = S$ . Diýmek, material nokadyň (jisimiň) orun üýtgetmesi onuň traýektoriyasyna deň bolsa, hereket gönüçyzyklydyr. Jisimiň  $t$  wagt aralygynda  $\mathbf{S}$  orun üýtgetmesini tapmak üçin  $v$  tizlik düşüňjesi girizilýär we  $oxy$  tekizlikde  $\mathbf{S}$  orunüýtgetme wektorynyň  $ox$  oka proyeksiýasynyň  $S_x = x_2 - x_1 = v_x t$  material nokadyň tizliginiň

*projeksiýasyny hereketiň dowamlylyk wagtyna köpeltmek hasylyna deňdigini düşündirmeli.*

Deňölçegli gönüçzykly üýtgeýän hereketde tizlenmäniň ýüze çykmagyny we onuň hereketiniň tizliginiň şol bir ugurda položitel we otrisatel alamata eýedigini bellemeli.

Deňölçegli gönüçzykly hereketiň **tizligi** diýip, wagt birliginde jisimiň orun üýtgetme wektoryna aýdylýar:

$$v = \frac{S}{t}. \quad (2.1.14)$$

Tizlik wektor ululyk bolup, gönüçzykly deňölçegli hereketde onuň ugry orun üýtgetmäniň ugry bilen gabat gelýär. Bu hereketiň kesgitlemesine laýyklykda tizlik hemişelik ululykdyr ( $v = \text{hemişelik}$ ). Onuň moduly

$$v = \frac{S}{t}. \quad (2.1.15)$$

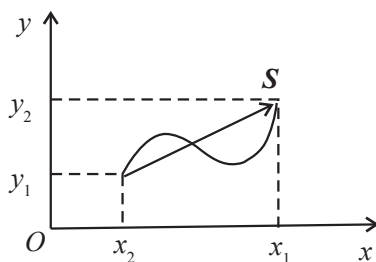
Bu 2.1.15-nji deňlige laýyklykda ölçegleriň halkara sistema-synda (HS) tizligiň ölçeg birligi  $m/s$ . Eger  $ox$  okuň položitel ugruny deňölçegli gönüçzykly hereketiň ugruna alsak, 2.1.14-nji deňlikden  $S$  we  $vt$  wektorlar özara deňdirler we olaryň  $ox$  ok boýunça proyeksiýalary:

$$S_x = vt. \quad (2.1.16)$$

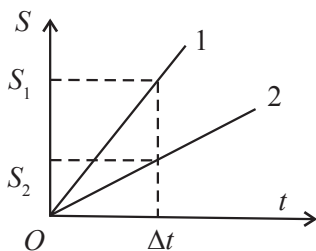
Gönüçzykly deňölçegli hereketde geçilen ýoluň wagta baglylyk grafigi 2.1.8-nji suratda görkezilen. Ondan görnüşi ýaly  $S_x$  geçilen ýol gönüburçlugyň meýdanyna deňdir.

Gönüçzykly deňölçegli hereketde geçilen ýoluň wagta baglylyk grafigi iki dürli  $v_1 > v_2$  tizlikler üçin 2.1.9-njy suratda deňşililikde, 1 we 2 çyzyklar bilen görkezilen. Bu çyzydan görnüşi ýaly, uly tizlikli deňölçegli hereketde şol bir  $\Delta t$  wagt aralygynda geçilen  $S_1$  ýol  $S_2$  ýoldan uludyr.

Gönüçzykly deňölçegli hereketiň kinematiki kanunalaýyklygyny, ýagny islendik wagt pursadynda hereket edýän material no-

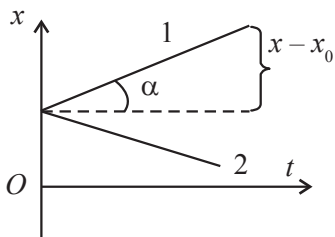


2.1.8-nji surat. Deňölçegli gönüçzykly hereketiň grafigi



2.1.9-njy surat.

Deňölçeqli gönüçzykly hereketde geçilen ýoluň wagta baglylyk grafigi



2.1.10-njy surat. Deňölçeqli

gönüçzykly hereketde  $x$  koordinatanyň wagta baglylyk grafigi

kadyň koordinatasynyň üýtgemeginiň aňlatmasyny tapyp bolar. Ýagny  $x = x_0 + S_x$  bolany üçin we 2.1.16-njy aňlatmany hasaba alyp,

$$x = x_0 + v_x t, \quad (2.1.17)$$

görnüşde ýazyp bolar. Bu ýerde  $x_0$  hereket edýän jisimiň başlangyç koordinatasy. Bu 2.1.17-nji aňlatma girýän ululyklary bilip, wagt birliğinde hereket edýän material nokadyň giňişlikdäki halyny kesgitlep bolar. Ahyrky 2.1.17-nji aňlatmadaky  $x_0$  we  $v_x$  ululyklaryň položitel we otrisatel baha eýe bolup bilýändigleri üçin aňlatmanyň sag tarapyndaky ululyklara algebraik jem hökmünde garamalydyr. 2.1.10-njy suratda 2.1.17-nji deňligiň grafikleri  $v_x$ -iň položitel (1-nji çyzyk) we otrisatel (2-nji çyzyk) baha eýe bolandaky hallary görkezilen. Bu grafikden görnüşi ýaly,  $\operatorname{tg} \alpha = \frac{x - x_0}{\Delta t} = v_x$ .

Ýagny gönüçzykly deňölçeqli hereket edýän material nokadyň koordinatasynyň  $t$  wagta bagly üýtgeýşiniň ýapgytlyk burçunyň tangensi onuň hereket tizligine deňdir.

Umumy ýagdaýda, material nokadyň giňişlikdäki üç ölçegli hereketi üçin (2.1.17) deňlik

$$S = S_0 + vt, \quad (2.1.18)$$

görnüşini alýar.



Deňölçegli üýtgeýän hereketde geçilen ýoluň deňligini (hereketiň deňlemesini) orta tizligiň we deňölçegli üýtgeýän hereketiň tizliginiň aňlatmasyny ulanyp alyp bolar:

$$v_{\text{ort}} \cdot t = \frac{v_0 + v}{2} t = \frac{2v_0 + at}{2} t = v_0 t + \frac{at^2}{2}. \quad (2.1.19)$$

Bu aňlatma çykarylada  $\Delta t = t$  hasaplanylady we onuň esasynda 2.1.17-nji aňlatmany:

$$\begin{aligned} x &= x_0 + v_x t = x_0 + \frac{v_0 + v}{2} t = \\ &= x_0 + \frac{2v_0 + at}{2} t = x_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2}. \end{aligned}$$

Ýa-da deňölçegli gönüçzykly üýtgeýän hereketiniň deňlemesini:

$$x = x_0 + v_0 t \pm \frac{at^2}{2}, \quad (2.1.20)$$

umumy görnüşde aňladyp bolar. Deňölçegli tizlenýän hereketde  $a$  tizlenmäniň alamaty položitel, deňhaýallaýan hereketde bolsa otrisatel hasaplanylýar.

### 2.1.6. Kinematikada otnositellik düşünjesi

Hemme görnüşdäki mekdeplerde fizikanyň kinematika bölümi öwredilende okuwçylarda hereketiň otnositelligi baradaky düşünjäniň kemala gelmegini gazanmaly. Bu düşünjeler aşakdaky sanawdan durýar:

- 1) mehaniki hereketiň we dynçlygyň, traýektorýanyň otnositelligi;
- 2) hasaplaýyş sistemasy;
- 3) orun üýtgetmäniň, koordinatyň, tizligiň otnositelligi, tizligiň we orun üýtgetmäniň özgertmesi;
- 4) biri-birine otnositel deňölçegli gönüçzykly hereket edýän hasaplaýyş sistemalardaky tizlenmäniň inwariantlylygy.

Okuwçylarda agzalan düşüňjeleri kemala getirmek üçin olara köp sanly degişli tejribeleri demonstrasiýalary, wideo, kompýuter ýazgylaryny görkezmeli. Şonuň bilen birlikde okuwçylaryň:

– dürli hasaplaýyş sistemalarda material nokadyň koordinatasyny kesgitlemek;

– material nokadyň dürli hasaplaýyş sistemalardaky hereketiniň esasy kinematiki häsiýetnamalaryny kesgitlemek ýaly ýumuşlary çözmekleri zerur.

Bu agzalan meseleleriň käbirini amal etmekligiň tärlerini görkezeliň.

**Mesele.** Aşgabadyň Demirgazyk derwezesinden (ony  $D$  punkt diýip belläliň) ýaş ýigit Daşoguza tarap derwezä otnositel  $20 \text{ m/s}$  tizlik bilen motosiklli, şol wagtda welosipedli oylan bolsa agzalan tarapa  $5 \text{ m/s}$  tizlik bilen hereket edip barýarlar. Tizlikleriň goşulyşynyň nusgawy nazaryýetini ulanyp, Derweze (Ýer) bilen baglanyşykly hasaplaýyş sistemasynda  $D$  punktyň ( $HS$ ), motosiklliniň ( $HS$  «motosiklli») we welosipedliniň ( $HS$  «welosipedli») tizligini hasaplamaly we onuň netijesini 2.1.1.tablisada ýazmaly.

**Çözülişi.** Meseläni çözmek üçin nusgawy nazaryýetiň jisimleriň tizliklerini özgertmek (goşmak) usulyndan peýdalanalyň: jisimiň hereketsiz (butnawsyz) sistemadaky tizligi jisimiň hereketli sistemadaky tizliginiň üstüne hasaplaýyş sistemanyň öz tizliginiň goşulmagyna deňdir:

$$v_{j(B,HS)} = v_{j(H,HS)} + v_{(H,HS)},$$

bu ýerde  $v_{j(B,HS)}$ -jisimiň butnawsyz hasaplaýyş sistemadaky tizligi,  $v_{j(H,HS)}$ -jisimiň hereketdäki hasaplaýyş sistemadaky tizligi,  $v_{(H,HS)}$ -hereketdäki hasaplaýyş sistemanyň öz tizligi.

1. Demirgazyk Derweze – Ýer bilen baglanyşykly hasaplaýyş sistemada meseläniň şertinde berlen derwezäniň, motosiklliniň we welosipedçiniň  $ox$  oka otnositel tizlikleriniň proyeksiýalary degişlilikde  $(v_D)_x = 0$ ;  $(v_M)_x = 20 \text{ m/s}$ ;  $(v_W)_x = 5 \text{ m/s}$ .

2. Motosiklli bilen baglanyşykly hasaplaýyş sistemasynda:

$(v_{D(B,HS)})_x = (v_{D(H,HS)})_x + (v_{(H,HS)})_x$ ; bu ýerde  $(v_{D(H,HS)})_x = 0$  derwezäniň hasaplaýyş sistema bilen baglanyşykly tizligi,  $(v_{(H,HS)})_x = -20 \text{ m/s}$  mo-

tosiklli oylan bilen baglanyşykly hasaplaýyş sistemanyň tizligi, onda  $v_{Dx} = 0 - 20 \text{ m/s} = -20 \text{ m/s}$ ;

Edil şonuň ýaly meseläniň şertine laýyklykda welosipedçiniň motosikllä otnositel tizligi:

$$(v_{W(B.HS)})_x = (v_{W(H.HS)})_x + (v_{(H.HS)})_x;$$

$$v_{Wx} = 5 \text{ m/s} - 20 \text{ m/s} = -15 \text{ m/s}.$$

Indi motosiklliniň özi bilen baglanyşykly sistema otnositel tizligi:

$$(v_{M(B.HS)})_x = (v_{M(H.HS)})_x + (v_{(H.HS)})_x;$$

$$v_{Mx} = 20 \text{ m/s} - 20 \text{ m/s} = 0.$$

3. Welosipedçi bilen baglanyşykly hasaplaýyş sistemasynda:

$$(v_{D(B.HS)})_x = (v_{W(H.HS)})_x + (v_{(H.HS)})_x; \quad v_{Dx} = 0 - 20 \text{ m/s} = -5 \text{ m/s}.$$

$$(v_{M(B.HS)})_x = (v_{M(H.HS)})_x + (v_{(H.HS)})_x; \quad v_{Mx} = 20 \text{ m/s} - 5 \text{ m/s} = 15 \text{ m/s}.$$

Geçirilen hasaplamalar 2.1.1-nji tablisada görkezilen maglumatlary kepillendirýär.

2.1.1-nji tablisa

Garaýan obýektler	Ox oka otnositel proyeksiýa		
	«Derwezä» bagly HS	«Motosikllä» bagly HS	«Welosipedlä» bagly HS
Punkt D	0	-20	-5
Welosipedli	5	-15	0
Motosiklli	20	0	15

Okuwçylara kinematikanyň kanunlaryny islendik hasaplama sistema otnositel alyp bolýandygyny düşündirmeli. Ýöne ygtybarly netije almak üçin olary takyk saýlamany we hasaplamany başarmalydygyny ýatlatmaly.

### 2.1.7. Töwerek boýunça deňölçegli hereketdäki kinematiki kanunyň öwredilişi

Mekdepde material nokadyň töwerek boýunça deňölçegli hereketi öwredilende  $\omega$  burç tizligi düşüňjesi girizilýär. Onuň  $\omega = \text{hemişelik}$  we wektor ululykdygy düşündirilýär. Soňra material nokadyň durnuklaşan ýagdaýynda radius-wektoryň aýlanma burçuny  $d\varphi = \omega dt$  deňlikden

$$\varphi = \int_{t_0}^t \omega dt = \omega(t - t_0), \quad (2.1.21)$$

tapyp bolýandygy görkezilýär. Bu aňlatma agzalan hereketiň kinematiki kanunydyr, ýagny ol töwerek boýunça deňölçegli hereketiň deňlemesidir.

Bu 2.1.21-nji aňlatmadan burç tizligini tapyp, onuň wektor ululykdygyny we wektor görnüşde

$$\boldsymbol{\omega} = \frac{d\varphi}{dt} \mathbf{n}, \quad (2.1.21')$$

aňladylýandygyny okuwçylara öwretmeli. Bu ýerde  $\mathbf{n}$  – aýlawly hereket edýän material nokadyň  $\mathbf{r}$  radius wektory bilen sag hyr boýunça baglanyşykly we onuň aýlanma okunyň ugruna gönügen birlik wektordygyny nygtamaly.

Material nokadyň töwerek boýunça deňölçegli hereketinde tizligiň absolýut ululygy üýtgemeyär ( $|\mathbf{v}| = v = \text{hemişelik}$ ). Ýöne bu hilli hereketde dürli nokatlarda *tizligiň ugrunyň üýtgeýändigini sebäpli tizlenme ýüze çykýar*. Hakykatdan hem, material nokadyň tizligi wektor ululyk bolup, ol traýektoriya geçirilen galtaşmanyň ugruna gönügendir. Diýmek, tizlik traýektoriýanyň islendik nokadynda dürli ugra gönügendir. Bu bolsa, *material nokadyň töwerek boýunça deňölçegli hereketiniň tizlenmeli hereketdigini* aňladýar.

**Merkeze ymtylýan tizlenme.** Mekdepde material nokadyň töwerek boýunça deňölçegli hereketinde ýüze çykýan tizlenmäniň merkeze ymtylýandygyny 2.1.11-nji surat boýunça  $\Delta t \rightarrow 0$   $OAA_1$

göni burça ymtylýandygyny ( $\beta \rightarrow \frac{\pi}{2}$ )  $OAA_1$  we  $A_1CB$  deňýanly üçburçluklaryň häsiýetlerinden peýdalanyň getirip çykarmaly.

Munuň üçin 2.1.11-nji surat boýunça  $OAA_1$  we  $A_1CB$  deňýanly üçburçluklaryň depesindeki  $\angle OAA_1$  we  $\angle BA_1C$  burçlaryň deňişli taraplary özara perpendikulýar bolany üçin olaryň özara deňdiginden peýdalanyň, ( $\angle OAA_1 = \angle BA_1C$ ) we

$$\frac{|\Delta v|}{v} = \frac{|\Delta r|}{r},$$

gatnaşygy almaly. Soňra bu deňligiň iki tarapyňy hem  $\Delta t$  bölüp we  $\Delta t \rightarrow 0$  şertde ondan predele geçmeli:

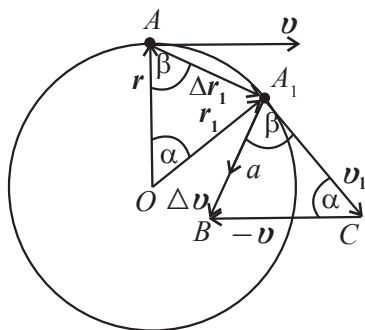
$$\frac{1}{v} \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{|\Delta v|}{\Delta t} = \frac{1}{r} \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{|\Delta r|}{\Delta t}. \quad (2.1.22)$$

Bu deňligiň çep tarapyndaky predel mgnowen (pursatlaýyn) tizlenmäniň moduly, sag tarapyndaky predel bolsa material nokadyň mgnowen tizligi. Onda (2.1.22-nji) deňlikden

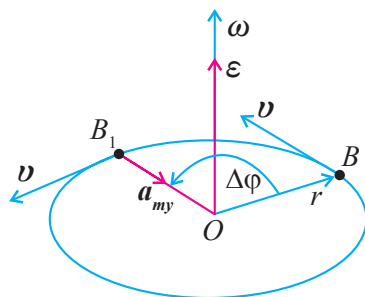
$$a = \frac{v^2}{r} \quad (2.1.23)$$

material nokadyň töwerek boýunça deňölçegli hereketinde döreyän tizlenmäniň aňlatmasyny aldyk.

Indi  $a$  tizlenmäniň ugruny kesgitlemek galýar. Şonuň üçin  $A_1CB$  deňýanly üçburçlugyň içki burçlarynyň jemi  $2\beta + \alpha = \pi$  bolany üçin 2.1.11-nji suratdan görnüşi ýaly tizlenmäniň  $a$  wektory  $v_1$  tizligiň



2.1.11-nji surat. Töwerek boýunça hereketde tizlenme



2.1.12-nji surat. Material nokadyň töwerek boýunça hereketindäki wektor ululyklar

wektory bilen  $\beta = \frac{180^\circ - \alpha}{2}$  burçy emele getirýär. Eger  $\Delta t \rightarrow 0$   $A_1$  nokat  $A$  nokada örän ýakynlaşýar. Bu halda burç  $\alpha \rightarrow 0$ . Onda agzalan tizlenme çyzyk tizligiň wektory bilen

$$\beta = \lim_{\alpha \rightarrow 0} \frac{180^\circ - \alpha}{2} = 90^\circ,$$

burçy emele getirer. Diýmek, töwerek boýunça deňölçegli hereketde ýüze çykýan bu tizlenmäniň berlen wagt birligindäki tizlenme bolany üçin oňa ( $a_{mg}$ ) mgnowen tizlenme diýilýär. Bu tizlenmäniň çyzyk  $v$  tizligi bilen  $\beta = \pi/2$  burçy emele getirip, töweregiň merkezine tarap ugrugandygy üçin bolsa, oňa merkeze ymtylýan ýa-da normal tizlenme diýilýär:

$$a_{m.y.} = a_n = \frac{v_2}{r}. \quad (2.1.24)$$

Bu 2.1.24-nji aňlatma material nokadyň deňölçegli egričyzykly hereketindäki döreýän merkeze ymtylýan tizlenmäni burç tizligi (aýlaw ýygylgy) we traýektorıanyň radiusy bilen baglanyşdyrýar.

Material nokadyň deňölçegsiz hereketinde burç tizliginiň üýtgemegi bilen onuň çyzyk tizligi hem üýtgeýär. Ýokarda görkezilişi ýaly, onuň normal tizlenmesi (2.1.24-nji) deňlik bilen aňladylýar we ol onuň burç tizlenmesine bagly dälir. Ýöne onuň tangensial düzüjisi bolsa,

$$|a_\tau| = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left( \frac{|\frac{v_\tau}{\Delta t}|}{\Delta t} \right) = \frac{dv}{dt},$$

aňlatma bilen kesgitlenýär we burç tizlenmesiniň üsti bilen aňladylýar:

$$a_\tau = \frac{dv}{dt} = \frac{d(r\omega)}{dt} = r \frac{d\omega}{dt} = r\varepsilon. \quad (2.1.25)$$

Mekdep maksatnamasynda burç tizlenmesi barada berilmese-de. Halkara bäsleşiklerde onuň gabat gelmeginiň mümkindigini göz önüne tutup, okuwçylara maglumat berilse maksadalaýyk bolar.

Bu ýerde  $\varepsilon = \frac{d\omega}{dt}$  – material nokadyň burç tizlenmesi. Ol wektor görnüşinde  $\varepsilon = \frac{d\omega}{dt}$  aňladylýar we onuň ugry  $\omega$  burç tizliginiň

wektorynyň ugry bilen gabat gelýär. Has takygy burç tizlenmesiniň wektorynyň üýtgemesi burç tizligiň wektorynyň wagta görä önümiçe üýtgeýändigine baglydygyny okuwçylaryň aň etmeklerini gazanmaly.

Material nokadyň töwerek boýunça deňölçegli hereketinde  $\Delta t$  wagt aralygynda  $B$  nokatdan  $B_1$  nokada ornuny üýtgedende  $\Delta\varphi$  burça üýtgäninde ýüze çykýan kinematiki wektorlar 2.1.12-nji suratda görkezilen.

### **2.1.8. Massa we güýç düşüňjeleriniň derňelişi**

Massa düşüňjesi fizikada iň çylşyrymly we esasy düşüňjeleriň biridir. Ol mikro bölejiklerden makro jisimlere çenli hemme obýektlere degişli düşüňjedir.

Massa düşüňjesiniň çylşyrymlylygy onuň jisim we bölejik (korpuskula) görnüşdäki materiallaryň inert, grawitasiýa häsiýetlerini özünde jemlemeginden ybaratdyr. Nýutonyň impulsyň saklanma kanunlaryna seredilende massa inertligiň ölçegi hökmünde ýüze çykýar. Jisimleriň arasyndaky grawitasiýa özara täsirde bolsa massa grawitasiýanyň häsiýetlerini özünde jemleýär. Massanyň dürli häsiýetleri özünde jemleýändigini üçin okuwyň başynda ol okuwçylarda kesgitli derejede düşnüksizlik döredýär. Şonuň üçin hem, mekdep fizika mugallymlary massanyň her bir kesgitli häsiýeti özünde jemleýji bolup, ýüze çykmagynda oňa degişli düşündiriş bermelidirler.

Mekdepde massa bilen iş salşylanda onuň nähili häsiýeti özünde jemleýändiginden başlansa maksadalaýyk bolarka diýen sorag, esasan hem, ýaş fizika mugallymlarynda döreýär. Ylmy usuly çesmelerden mälum bolşy ýaly, massa gaty jisimlerde, suwuklyklarda molekulalaryň mukdary diýip kesgitleme bermek fiziki mana eýe däldegi belenilýär. Diýmek, massa maddanyň mukdarydyr diýip, okuwçylara öwretmek düýpgöter manysyzdyr. Şonuň üçin hem bu kesgitlemäni okuwçylara ýatlatmaly däl.

Massa hakynda okuwçylara düşündirmegiň iň ygtybarly usuly Nýutonyň kanunlary geçilende döreýär. Mugallym bu temada güýjüň jisime täsir etmegi bilen onuň eýe bolýan tizlenmesiniň ululygynyň

özara ( $a \sim F$ ) baglydygyny okuwçylara tejribeleriň üsti bilen düşündirmeli. Soňra şol bir güýjüň birmeňzeş materialdan ybarat bolan dürli göwrümlü jisime berýän tizlenmeleri öwrenilip, tizlenmeleriň jisimiň massa diýlip atlandyrylýan we  $m$  bilen belenilýän öň okuwçylara belli bolmadyk häsiýetlerine ters proporsionaldygyny  $a_1/a_2 = m_2/m_1$  düşündirmeli. Bu ýerden bolsa, şol bir daşky güýjüň täsirinde haýsy jisimiň massasy uly bolsa onuň öňki tizliginiň az üýtgeýändigini anyklamaly. Bu ýerden bolsa ***jisimleriň daşky täsiriň netijesinde özleriniň öňki tizliklerini üýtgetmek, ýagny tizlenmä eýe bolmak häsiýetlerine inertlilik diýilýär diýip, netije çykarmaly.***

Bu mysalda massa jisimleriň inertliliginiň ölçegi bolup ýüze çykýar. Diýmek, massanyň özünde jemleýän häsiýetleriniň birisi inertlilikdir. Şonuň üçin hem, köplenç, *massa jisimiň inertliliginiň ölçegidir diýilýär.*

**Güýç** düşüňjesi fizika kursunyň başyndan soňuna çenli ulanylýan düşüňjesidir. Bu düşüňje bilen fizikada ilkinji gezek I basgançakda «Jisimleriň mehaniki hereketi we özaratäsiri» bölümünde tanyşylýar. Bu ýerde güýjüň nämedigi, onuň ölçeg birligi bilen okuwçylar tanyşdyrylýar. Tebigatda duşýan özaratäsirleri toparlara bölüp, olar öwrenilende tebigaty boýunça biri-birinden tapawutly dört sany özaratäsiriň bardygy kepillendirilýär. Mekdepde, esasan hem, başda grawitasiýa we elektromagnit özaratäsirleri öwrenilýär. Grawitasiýa özaratäsiri hemme jisimlere – materiýanyň dürli görnüşlerine mahsusdyr.

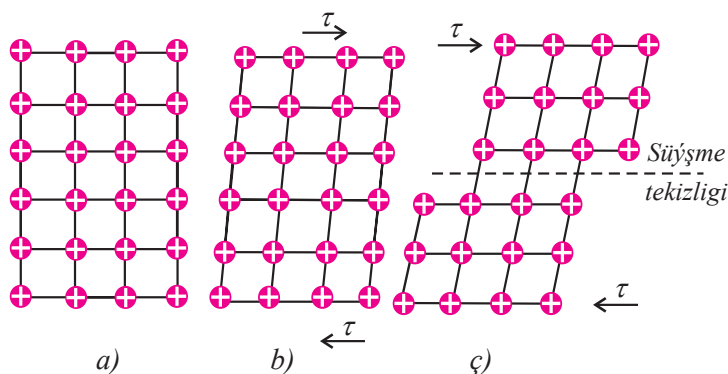
Diýmek, grawitasiýa güýji ( $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$ ) bütindünýä dartylma kanuny laýyklykda özara çekişme häsiýete eýedir.

Güýç düşüňjesi bilen maýyşgaklyk, sürtülme, deformasiýa, elektromagnit we ş.m. temalar öwrenilende iş salyşylýar. Bularyň hemme ýagdaýynda hem döreýän güýjüň tebigatynyň elektromagnitdigini okuwçylara takyk düşündirmeli. Meselem, okuwçylara başda hemme gaty jisimleriň kristal gözeneginiň düwünlerinde walent elektronlaryny ýitirip, položitel iona öwrülen atom galyndylarynyň ýerleşýändiklerini ýatlatmaly. Soňra kub şekilli kristal gözenegiň düwüninde ýerleşen položitel ionlar özleriniň dört tarapyndaky goňşy ionlar bilen berk baglanyşykda bolup, ýylylyk hereketine gatnaşandyklaryny ýatlatmaly. Özleriniň atomlaryny taşlap gi-



den elektronlar bolsa kristal gözeneginiň içinde jisimiň geometrik ölçegleriniň çäginde ýylylyk hereketini ýerine ýetirýän elektron gazyň döredýärler. Mälim bolşy ýaly, zaryadlanan bölejikleriň arasynda elektrik özaratäsir güýji döreýär. Bu özaratäsiriň Kulonyň kanuny bilen häsiýetlendirilýändigine garamazdan onuň elektrostatiği özaratäsir atlandyrylmaýandygynyň sebäbini hem düşündirilse, maksadalaýyk bolar. Ýagny öň dynçlykda duran zaryadyň döredýän elektrostatiği meýdanyna ikinji bir zaryad golaýlaşdyrylanda olar Kulonyň güýji bilen özaratäsirleşip, özleriniň orunlaryny üýtgedýärler. Zaryadlanan bölejikleriň bu gysga wagtlaýyn tertipli hereketi mikrotogy döredýär, ýagny magnit meýdany döreýär we öňki özaratäsir güýjüniň üstüne magnit meýdanyň güýji hem goşulýar. Netijede, bu **özaratäsiriň tebigaty elektromagnit** häsiýete eýe bolýar. Şonuň üçin hem, zaryadlanan bölejikleriň arasyndaky güýjüň tebigaty **elektromagnit** diýlip atlandyrylýandygyna okuwçylaryň ünsüni çekmeli.

Gaty kristala täsir edýän deformirleýji güýç nola deň halatynda ( $F_d = 0$ ) onuň ion gatlagynyň birisiniň strukturasy 2.1.13-nji *a* suratlarda (bu ýerde elektron gazy görkezilmedi) şekillendirilen.



2.1.13-nji surat. Gaty jisimiň tekiz kristal gözeneginiň mysaly şekili:

a) deformirleýji güýjüň täsiri ýok ýagdaýynda; b) maýyşgak deformasiýanyň täsirinde; c) maýyşgak we süýşme deformasiýalaryň täsirinde

Gaty kristalyň  $S$  üst birligine düşýän deformirleýji güýje  $\sigma = F_d/S$  mehaniki naprýaženiýe diýilýär. Bu mehaniki naprýaženiýe položitel ionlardan ybarat bolan iki goňşy ion gözenekden durýan gatlaklary maýyşgak deformasiýasyna (2.1.13-nji *b* su-

rat), käbir halatlarda bolsa maýyşgak we süýşme deformasiýasy-na (2.1.13-nji ç surat) getirýär. Gaty kristallarda ol mehaniki naprýaženiýeniň garşysyna ugrukdyrylan degişlilikde, maýyşgak we maýyşgak süýşme naprýaženiýeleriniň döremegine getirýär (2.1.13-nji suratda  $\tau$ -süýşme wektory).

Deformirleýji mehaniki naprýaženiýe süýndüriji häsiýetli bolup, ol özüniň in uly bahasyna ýeten halatynda gatlaklar biri-birine görä mümkin bolan in uly aralyga süýşýärler. Mundan soňra gatlaklaryň arasyndaky orun üýtgetme durnuklaşýar. Gatlaklaryň özara daşlaşmagy durnuklaşandan soňra agzalan gatlaklaryň arasyndaky elektron gazynyň mukdary öňküsinden artyp başlaýar. Netijede, biri-birine görä kesgitli aralyga ornuny üýtgeden ionlardan düzülen iki goňşy kristal gözenekleriň arasyndaky bir atly zarýadlaryň özara itekleşme güýçleri azalyp, olaryň çekişme güýçleriniň täsiri agdyklyk edip başlaýar we kristalda elektromagnit tebigatly kristalyň başdaky durnukly haly-na ugrugan maýyşgak güýç döreýär. Bu maýyşgak güýjüň ululygy kristal gözenegiň gatlaklarynyň biri-birine görä  $\Delta x$  orun üýtgetmegine proporsionaldyr ( $F_m = -k\Delta x$ ) we ol elmydama deformirleýji güýjüň garşysyna tarap ugrugandyr.

Diýmek, gaty kristallara süýndüriji deformirleýji güýç maýyşgaklyk çägendäki in uly baha deň bolanynda iki goňşy kristal gözenegiň tekizliginiň arasyndaky elektron gazy artyp başlaýar we bu gatlaklary biri-birine ýakynlaşdyryjy elektromagnit tebigatly özara çekişme güýjüniň döredýändigine okuwçylaryň ünsüni çekmeli.

Gaty kristallara täsir edýän deformirleýji maýyşgak güýç gysma häsiýetli bolanda bolsa iki goňşy kristal gözenegiň arasyndaky elektron gazy azalýar we kristalda döreýän maýyşgak güýç elektromagnit tebigatly goňşy gatlaklary biri-birinden daşlaşdyryjy – itekleşme häsiýete eýe bolýar.

Dinamika öwrenilende grawitasiýa we elektromagnit, ýagny esasy özara täsirler bilen iş salşylýar. Bu ýerde güýç düşüňjesi özüniň täsiri bilen jisimleriň tizlik wektoryny üýtgediji özaratäsiri mukdar taýdan häsiýetlendiriji bolup, yüze çykýar.

Nýutonyň üçünji kanunynda, ýagny inersial hasaplaýyş sistemalarda material jisimiň ýok ýerinde güýç ýok. Güýç diňe bir jisimiň ikinji jisime we ikinji jisimiň hem edil şol güýjüň modulyna deň bo-

lan güýç bilen birinjä täsir etmegi bilen ýüze çykýar. ***Diňe bir jisime täsir edýän güýç tebigatda ýok. Güýç elmydama jübüt (garşylykly ugrugan) bolup, bir wagtda ýüze çykýarlar we bir wagtda jübüt bolup hem ýityärler.*** Bu agzalan güýçleriň tebigaty birmeňzeşdirler. Bu  $F_1$  we  $F_2$  güýçler (kitapda wektor ululyklar has gara ýazylan) dürli jisimlere goýlan. Şonuň üçin hem olaryň deňtäsir edijisini tapmaklyga synanyşmak manysyzdyr. Bu  $F_1 = -F_2$  güýçler özara täsirde jisimleriň hereketdeligine ýa-da dynçlykdadygyna bagly däldir.

Ýokarda bellenilişi ýaly, güýç düşünjesi fizika okuw dersiniň elektrostatika bölümünde butnawsyz zarýada täsir ediji ( $F = qE$ ) we magnit meýdanyndaky tokly geçirijiniň bölegine täsir edýän (Bio-Sawar-Laplasyň kanunundan gelip çykýan) magnit, ýagny Amperiň güýji we beýleki güýçler öwrenilýär.

Elektromagnit özaratäsiri öwrenilenden soňra atomyň içindäki, intensiwligi boýunça özaratäsirleriň in ulusy bolan ýadro özaratäsiri öwrenilýär. Bu güýç baradaky düşünjäniň kemala gelmeginde kwant mehanikasynyň käbir çeşmeleri ulanylýar.

Mikro bölejikleriň dargamagynda döreýän gowşak özaratäsir güýç düşünjesiniň jisimlerde, mikrobölejiklerde köptaraply özgermeleriň sebäbi bolýandygy bellenilýär.

Şunuň bilen elektromagnit özaratäsir güýji baradaky düşünje umumylaşdyrylýar. Diýmek, «güýç» adalgasy materiýany özara birikdiriji ýa-da dargadyjy täsirlere getirýän özaratäsirlerde ulanylýar.

### **2.1.9. Dinamikanyň esasy düşüňjelerini we kanunlaryny öwretmegiň yzygiderligi**

Massa we güýç düşüňjeleriniň fizikany öwretmek prosesinde ulanmak, olar bilen baglanyşykly kanunlaryň okuwçylara öwredilmeginiň nähili yzygiderlikde gurmalydygyny kesgitleýär.

Isaak Nýuton bu düşüňjeleri ulananynda başda güýç, hereketiň mukdary yzygiderligini saýlapdyr. Soňra bolsa goýlan güýjüň netijesinde hereketiň mukdarynyň üýtgemegini  $\left(F = \frac{d(mv)}{dt}\right)$  görnüşde aňladypdyr. Bu ýerde  $F$  we  $v$  wektorlar bir tarapa gönügendir. Soňra Nýuton seredilýän jisimiň mysalynda massanyň hemişelikliginden

ugur alyp, ony differensialyň daşyna çykarypdyr  $\left(F = \frac{d(mv)}{dt}\right)$ . Şeýlelikde, dinamikanyň esasy düşüňjeleriniň we kanunlarynyň yzygiderliligi aşakdaky ýaly kabul edilen: Nýutonyň birinji kanuny, güýç düşüňjäniň girizilmegi, güýç bilen onuň täsir edýän jisiminiň eýe bolýan tizlenmesi arasyndaky ( $a \sim F$ ) baglanyşyk görkezilýär. Şunlukda, Nýutonyň ikinji kanunyny  $\left(\frac{F}{a} = m\right)$  görnüşde ýazylyp, massanyň kesgitlemesine gelinýär. Fizikany öwretmek prosesinde massa we güýç düşüňjeleriniň girizilmeginiň agzalan usuldaky yzygiderliligi Eýleriň, Makswelliň we beýleki alymlaryň işlerinde hem ulanylypdyr. Häzirki döwürde hem umumybilim berýän mekdeplerde bu yzygiderlilik saklanylýar.

### 2.1.10. Nýutonyň kanunlarynyň öwredilişi

**Inersial hasaplaýyş sistemasy.** *Nýutonyň birinji kanunynyň ýerine ýetýän hasaplaýyş sistemalaryna inersial hasaplaýyş sistemasy diýilýär.*

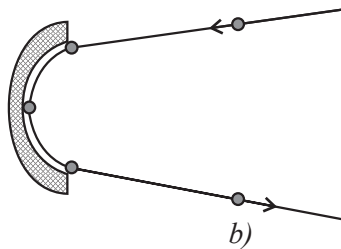
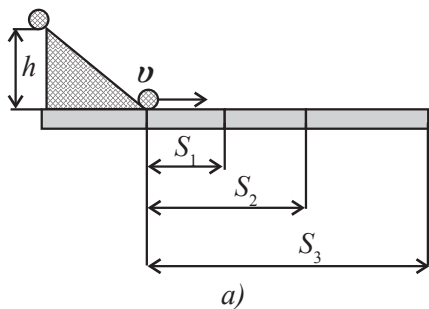
Has ýokary takyklykda inersial hasaplaýyş sistemasy bolup, koordinatlarynyň başlangyjy Gün bilen baglanyşdyrylyp,  $x$ ,  $y$ ,  $z$  oklary dynçlykda duran ýyldyzlara ugrukdyrylan **geliosentrik sistema** hasaplanylýar. Umuman, has takyk çemeleşmelere görä Ýer Güniň töwereginde we öz okunyň daşynda tizlenmeli hereket edýär. Ekwatordaky jisimleriň merkeze ymtylýan tizlenmesi  $a_{m.y.} = v^2/R$  polýusdaka (Ýeriň aýlanma okunda ýerleşmeýän nokatlardaka) garanyňda uludyr. Bu ýerde: Ýeriň radiusyny  $R = 6370 \text{ km} \approx 6400 \text{ km} = 64 \cdot 10^5 \text{ m}$ ; onuň üstündäki nokatlarynyň çyzyk tizligini ( $v = 2\pi R/T$ ), bu ýerde  $T=24$  sagat  $= 86400 \text{ s}$  – Ýeriň bir gije-gündizdäki aýlanma peridy. Bu ululyklary hasaba alyp, Ýeriň  $a_{m.y.} = 0,03 \text{ m/s}^2$ , merkeze ymtylýan tizlenmä eýedigini sebäpli onuň bilen berk baglanyşykly hasaplaýyş sistemalar inersial dälidirler. Ýöne bu ekwatora degişli geografiki giňişlikdäki jisimleriň merkeze ymtylýan tizlenmesi şol ýere degişli erkin gaçmanyň tizlenmesinden juda kiçidir, has takygy  $g/a_{m.y.} = 327$

esse kiçi bolany üçin Ýeriň üstündäki bolup geçýän hereketler bilen iş salşylanda onuň bilen baglanyşykly hasaplaýyş sistemalary ýeterlik takyklykda inersial hasaplap bolar.

*Inersial hasaplaýyş sistema görä gönüçzykly deňölçegli hereket edýän islendik sistema inersialdyr.* Bu hasaplaýyş sistema görä tizlenmeli hereket edýän hasaplaýyş sistemalary inersial dälidirler.

**Nýutonyň birinji kanuny.** Umumybilim berýän mekdeplerde dinamikany öwrenmeklik Nýutonyň birinji kanunyndan başlanýar. Bu kanuna inersiýa kanuny diýilýär. Bu kanuna Nýutonyň beren kesgitlemesi aşakdakylardan ybarat: *jisime daşky täsir bolmadyk ýa-da täsir edýän güýçler biri-biriniň täsirini ýok edýän bolsa, onda bu jisimiň (material nokadyň) özüniň dynçlykdaky ýa-da gönüçzykly deňölçegli hereketdäki halyny saklap biljek in bolmanda bir hasaplaýyş sistemasy bardyr.* Durmuşda daşky täsirlerden bäs-bütin goragly jisimiň bardygyna göz ýetirmek mümkin däl. Islendik jisim elmydama azda-kände haýsy hem bolsa, ikinji bir jisimiň täsirindedir. Ýöne iş ýüzünde bu täsirleri juda azaldyp, ideallaşdyrylan hallara golaýlaşdyryp bolar. Okuwçylara munuň ýaly şertleriň döredilmegi bilen jisimleriň hereketiniň gönüçzykly we deňölçegli häsiýete golaýlaşýandygyny düşünmäge ýardam berýän tejribelerden aşakdakylary getirip bolar.

1. Goý, şol bir  $h$  beýiklikden ýapgyt ternaw boýunça gorizont tal tekizlige düşýän metal şarjagaz ýoluň gorizont bölegine geçýän ýerinde hereketi şol bir tizlik bilen başlaýar diýip hasap edeliň (2.1.14-nji  $a$  surat). Şarjagaz çäge dökülen üst boýunça hereket edip, uly bolmadyk  $S_1$  ýoly geçip durýar.



2.1.14-nji  $a, b$  suratlar.

Metal şarjagazlaryň dürli üstlerdäki hereketi

Çäge tekiz üstli tagta bilen çalşyrylanda şarjagaz  $S_2 > S_1$  ýoly geçýär. Eger şarjagaz tekiz buz üstde hereket etse, onda ol  $S_3 \gg S_2$  has uly aralygy geçer (2.1.14-nji *a* sur. ser.).

Geçirilen tejribelerden görnüşi ýaly, daşky täsir azaldygyça şarjagazyň gorizontalki tekizlikdäki hereketi Ýere görä deňölçegli herekete golaýlaşýar. Ýagny Ýeriň dartýş täsiri esasynda gorizontalki tekizligiň üstündäki metal şarjagazyň hereketini tekizligiň garşylykly ugra ugrugan maýyşgak daýanjy togtatmaga çalyşýar. Şunlukda, jisime bolan daşky täsirleriň jemi nola ýakynlaşýar.

2. Jisimlere islendik görnüşdäki hereket däl-de, diňe gönüçyzykly hereketiň mahsusdygyny subut edýän tejribä seredeliň. Gönüçyzykly hereket edip barýan şarjagaz egri görnüşli tekiz päsgelçilige urlup, onuň täsiri netijesinde özüniň öňki gönüçyzykly traýektoriasyny üýtgedýär we päsgelçiligiň daşky görnüşi ýaly, ýaý görnüşli traýektoriya boýunça hereket edýär (2.1.14.-nji *b* surat). Ýöne şarjagaz päsgelçiligiň çetine ýetip, ýene-de özüniň öňki gönüçyzykly hereketini dowam edýär.

Şeýlelikde, *eger garalyan jisime daşky täsir bolmasa ýa-da täsir edýän güýçler biri-biriniň täsirini ýok edýän bolsalar, onda bu jisim Ýer bilen baglanyşykly hasaplaýyş sistema görä özüniň öňki tizligini (dynçlyk  $v = 0$  halyny ýa-da deňölçegli gönüçyzykly hereketini) üýtgetmän saklar.*

Jisimleriň, daşky täsiriň bolmadyk ýa-da täsir edýän güýçler biri-biriniň täsirini ýok edýän ýagdaýynda, Ýer bilen baglanyşykly hasaplaýyş sistema görä özleriniň öňki tizligini saklamak häsiýetine **inersiýa hadysasy** diýilýär. *Diýmek*, inersiýa jisimleriň öňki tizligini saklamak häsiýetidir. Jisimlere mahsus bolan bu aýratynlyk ölçeg birliksizdir we mukdar taýdan aňladylmaýan häsiýetdir.

Hemme jisimlere inersiýa hadysasynyň mahsusdygyny ilkinji bolup, Galileý belläp geçýär. Şoňra Nýuton ýokarda getirilen inersiýa kanunynyň anyk kesgitlemesini hödürleýär.

Ýer bilen baglanyşykly hasaplaýyş sistema görä dynçlykda duran ( $v > 0$ ) awtobus birden hereket edip başlanynda ondaky ýolagçylaryň yza ýykylmaklary ýa-da gönüçyzykly deňölçegli ( $v_1 > 0$ ) tizlik bilen hereket edýän awtobus birden saklananda onuň

üstündäki ýolagçylaryň öňe ýykylmaklary inersiýa kanunyna mysal bolup biler. Dynçlykda duran awtobus birden hereket edip ugranda ondaky ýolagçylaryň yza ýykylmagynyň sebäbi, adamlara inersiýa hadysasy mahsusdyr. Ýagny olar başda ( $v = 0$ ) halyna bolany üçin birden daşky täsir başlananda olar inersiýa boýunça Ýer bilen baglanyşykly sistema göre özleriniň öňki dynçlykdaky halyny saklamaga ymtylyp, yza ýykylýarlar. Edil şonuň ýaly sebäbe göre agzalan sistemada gönüçyzykly deňölçegli ( $v_1 > 0$ ) tizlik bilen hereket edip barýan awtobus birden saklananda ýolagçylar öňe ýykylýarlar.

Bu mysallaryň üsti bilen okuwçylara inersiýa hadysasyny we onuň durmuşda ýüze çykyan ýerleri düşündirilýär.

### 2.1.11. Jisimiň massasy

Massa düşüňjesi ilkinji gezek umumybilim berýän mekdepleriň I basgançagynda agzalyp, soňra ol uly synplarda kämilleşdirilýär, tejribe üsti bilen onuň häsiýetleri kepillendirilýär.

Massanyň inertiýiligiň ölçegidigi öň ýatlanypdy. *Inertiýilik inersiýadan tapawutlylykda daşky täsirleriň esasynda jisimleriň tizliklerini üýtgetmek, ýagny tizlenmä eýe bolmak häsiýetidir.* Inertiýiligi mukdar taýdan massa häsiýetlendirýär. Ölçegleriň Halkara sistemasynda massanyň ölçeg birligi kilogramdyr ( $kg$ ). Şol bir jisimiň massasy geografiki giňişlige we jisimiň haýsy planetadalygyna bagly bolmadyk hemişelik ululykdur. Jisimiň massasyny ölçemekligiň usullarynyň biri okaraly terezilerde kesgitlemekdir.

Geçirilen köp sanly tejribelerden mälim bolşy ýaly,  $m_1$  we  $m_2$  massaly özaratäsir edişýän jisimleriň eýe bolýan tizlenmeleriniň (tizlikleriniň wagt birliginde üýtgemeginiň) gatnaşyklary olaryň massalarynyň gatnaşyklarynyň ters ululygy ýalydyr:

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{m_2}{m_1}. \quad (2.1.26)$$

Eger täsir edişýän jisimleriň biriniň massasy etalon hökmünde kabul edilen jisimiň massasyna deň bolsa ( $m_1 = m_{etal}$ ), onda onuň eýe bolýan tizlenmesi hem  $a_1 = a_{etal}$  deň bolar. Bu bolsa, 2.1.26-njy

deňligiň esasynda  $m_2$  jisimiň massasyny  $m_2 = m_{etal} a_{etal} / a_2$  görnüşde kesgitlemeklige mümkinçilik berýär.

Diýmek, massa düşünjesiniň kämilleşmegi onuň ölçeg birliğini getirip çykarmak, onuň ululygyny tejribede kesgitlemek we onuň dartyş güýje bagly dældigini kepillendirmek bilen çäklenilse-de boljak.

Ýöne relýatiwist fizikada massanyň jisimiň (bölejigiň) tizligine baglydygyny, ýagny massanyň inwariant dældigini

$\left( m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \left( \frac{v}{c} \right)^2}} \right)$  okuwçylara düşündirmek bilen massa düşünjäniň kämilleşmegi gutarnykly amala aşyrylýar.

### 2.1.12. Nýutonyň ikinji we üçünji kanunlary. Bütindünýä dartyлма kanuny

Umumybilim berýän orta mekdeplerde güýç düşünjesi I basgançak okuwçylaryna başlangyç maglumat bermek bilen başlanylýar. Soňra bu düşünje II basgançakda basgançaklaýyn kämilleşdirilýär.

Güýç düşünjesiniň ýokary synplardaky kämilleşdirilmesi onuň bir jisimiň ikinji jisime täsiriniň mukdar taýdan seljerilmesidir.

Bu çemeleşme Nýutonyň ikinji kanunyny öwrenmek bilen jebis baglanyşykly. Bu ýerde eýýäm özaratäsir netijesinde jisimleriň tizlenmä eýe bolmaklary we jisimlerde tizlenmäniň döremeginiň sebäbi hökmünde güýje kesgitleme berilmegi bilen tamamlanylýar.

Bu etapda Isaak Nýutonyň geçiren köp sanly tejribeleriniň esasynda jisime  $F$  güýç täsir anyklandygyny edende onuň deformirlenýändigini we  $a$  tizlenmä eýe bolýandygyny ýatlamaly. Diýmek, *jisime güýjüň täsir etmegi onuň tizlenmä eýe bolmagynyň sebäbidir.* Berlen *hemişelik*  $m$  massaly jisimiň eýe bolýan tizlenmesi  $F$  güýje göni baglanyşykdadyr  $a = F/m$ . Bu ýerden bolsa:

$$F = m a. \quad (2.1.27)$$

Nýutonyň ikinji kanuny: *jisime täsir edýän güýç jisimiň massasynyň onuň bu täsir astynda eýe bolýan tizlenmesine köpeldilmegine deňdir* diýlip aýdylýar.



Nýutonyň ikinji kanuny relýatiwistik däl, ýagny hususy tizligi elektromagnit tolkunynyň wakuumdaky tizliginden has kiçi ( $v \ll c$ ) bolan tizlikli material nokadyň hereketi üçin ulanylyp bilner.

Eger jisime bir wagtda birnäçe güýç täsir edýän bolsa, onda täsir ediji jemleýji güýç bu güýçleriň wektor jemine barabar bolan bir güýje deňdir:

$$\mathbf{F} = \sum_{i=1}^N \mathbf{F}_i, \quad (2.1.28)$$

diýip netije çykarylýar.

Bu ýerde ölçegleriň Halkara sistemasynda (HS) güýjüň birligi  $[N] = \left[ kg \frac{m}{s^2} \right]$  ýaly kesgitlenilýär.

Jisime täsir edýän güýç ululygy we ugry boýunça hemişelik bolsa, onda ol deňtizlenýän hereket eder. Deňtizlenýän hereketiň tizlenmesini wagt birliginde tizligiň üýtgemegi görnüşdäki ululygy bilen çalşyryp,

$$\mathbf{F}t = m\mathbf{v} - m\mathbf{v}_0, \quad (2.1.29)$$

ýazyp bolar.

Güýjüň ululygyny onuň täsir edýän wagtyňa köpeltmek hasyly bilen aňladylyan  $\mathbf{F}t$  wektora **güýjüň impulsy** diýilýär. Jisimiň massasyň onuň tizligine köpeltmek hasylyna deň bolan wektora  $\mathbf{K} = m\mathbf{v}$  **jisimiň impulsy** (hereket mukdary) hökmünde,  $\mathbf{F}$  güýjüň täsir edýän wagtyň dowamlylygyny  $dt$  bilen belläp, ahyrky aňlatmany alarys:

$$\mathbf{F} = \frac{d\mathbf{K}}{dt}. \quad (2.1.30)$$

Bu deňlikden görnüşi ýaly, jisimiň impulsynyň wagt birliginde üýtgemegi jisime täsir edýän güýje we onuň ugruna baglydyr.

Eger  $\Delta t \rightarrow 0$  bolsa, onda

$$\mathbf{F} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathbf{K}}{\Delta t} = \frac{d\mathbf{K}}{dt} = \mathbf{K}'. \quad (2.1.31)$$

Bu aňlatma material nokadyň hereketi we jisimiň öňe (yza) hereketi üçin Nýutonyň ikinji kanunynyň ýazgysynyň has umumy görnüşidir. Ol relýatiwist we relýatiwist däl hereket üçin hem ulanylyp bilner.

Nýutonyň ikinji kanuny, onuň birinji kanuny ýaly diňe inersial hasaplaýyş ulgamlarda ýerine ýetýär.

Özaratäsirdäki jisimleriň ikisi hem bir göni boýunça garşylykly tarapa ugrukdyrylan tizlenmä eýe bolýarlar.

Jisimleriň özara täsirinde  $a_1/a_2 = m_2/m_1$ . Bu ýerden bolsa

$$\mathbf{F}_1 = -\mathbf{F}_2. \quad (2.1.32)$$

Nýutonyň III kanunynyň aňlatmasy alynýar. Bu kanuna göre *jisimleriň biri-birine edýän täsir güýçleri modullary boýunça deň we bir göniniň ugry boýunça garşylykly tarapa ugrukdyrylandyrlar.*

Bu ýerde Nýutonyň üçünji kanunynyň jisimleriň gös-göni galtaşmagynda, elektrik we magnit meýdanlarynyň üsti bilen täsirleşenlerinde hem ýerine ýetýändigini ýatlamaly.

Güýç bilen baglanyşykly özaratäsir düşünjesiniň iň soňky kämilleşik derejesi agyrlyk, dartyлма we sürtülme güýçlerini öwrenmek bilen tamamlanýar.

Bu ýerde okuwçylara grawitasiýa güýji öwrenilende köpsanly tejribeleriň netijesinde

$$F_d = G \frac{mM}{r^2}, \quad (2.1.33)$$

baglylygyny alynýandygyny bellemeli. Bu ýerden: ***jisimler massalarynyň köpeltmek hasylyna göni olaryň agyrlyk merkezleriniň arasyndaky uzaklygynyň kwadratyna ters baglanyşykdaky güýjüň modulyna deň bolan güýç bilen özara dartylýarlar.***

Grawitasiýa ( $G$ ) hemişeliginiň (koeffisiýentiň) fiziki manysyny açyp görkezmek üçin 2.1.33-nji aňlatmadan peýdalanylýar. Ýagny biri-birinden 1 m daşlykda ýerleşdirilen massalary 1 kg bolan jisimleriň arasyndaky özara dartyлма güýji grawitasiýa hemişeligine ( $F_d = G$ ) deňdir diýip, onuň fiziki manysy nygtalýar. Grawitasiýa hemişeliginiň ululygyny kesgitlemekde Kawendişiň tejribesini ulanyp boljakdygyny okuwçylara ýatlatmaly.

Bütindünýä dartyлма kanunyndaky (2.1.33-nji aňlatma) massanyň inert massa daldigini, onuň grawitasiýa massasydygyny düşündirmeli. Galileýiň we Nýutonyň geçiren köp sanly tejribelerinde jisimleriň inert we grawitasiýa massalarynyň özara deňdiklerini görkezipdirler. Ýöne A. Eýnşteýn we L. Infeld bu deňlik barada: «Nus-

gawy fizikanyň nukdaý nazary boýunça agzalan iki massanyň deňligi tötänleýin. Bu maglumata uly üns bermegiň zerurlygy ýök» diýip beläpdirler. Bu mesele boýunça häzirki zaman ylmynyň jogaby bütinleý başgaça we ol barada: «*iki massanyň deňligi fundamental mana eýedir we dünýäni öwrenmegiň has çuňluklaryna alyp barýan täze pikir ýörelgesidir*» diýilýär.

**Agyrlyk güýjüne** Ýeriň dartuw güýjüniň şahsy haly hökmünde garalýar. Has takygy Ýeriň dartuw meýdany bilen jisimi özüne çekýän güýjüne aýdylýar.

Soňra maýyşgaklyk güýjüni jisimleriň deformasiýasynyň netijesinde döreýän güýç hökmünde seredilýär. Gaty jisim deformirlenende onuň kristal gözeneginiň düwüninde ýerleşen bölejikler (atomlar, molekulalar, ionlar) özleriniň deňagramlylyk hallaryndan (ýylylyk energiýanyň hasabyna gyşarma amplitudasyndan has uly) uzak aralyga süýşýärler. Gaty jisimi düzyän bölejikleri biri-birinden kesgitli daşlykda saklaýan olaryň arasyndaky özara täsir güýji agzalan süýsmä garşylykly täsir edýär. Şonuň üçin hem islendik görnüşdäki maýyşgak deformasiýada jisimlerde deformasiýa garşylyk görkezýän içki güýçler döreýär.

*Maýyşgak deformasiýanyň esasynda jisimleri düzyän bölejikleriň arasynda döreýän we olaryň orun üýtgetmeleriniň garşysyna ugrukdyrylan güýçlere **maýyşgak güýçler** diýilýär.* Bu güýçler deformirlenýän jisimiň islendik kese kesiklerinde, deformirleýji güýjüň jisim bilen galtaşma nokatlaryna täsir edýärler. Birtaraplaýyn süýnme we gysylma deformasiýasynda maýyşgaklyk ( $f_{ms}$ ) güýji deformirleýji ( $F_{def}$ ) güýjüň täsir edýän gönüsi boýunça onuň garşysyna ugrukdyrylandyr ( $F_{def} = -f_{ms}$ ).

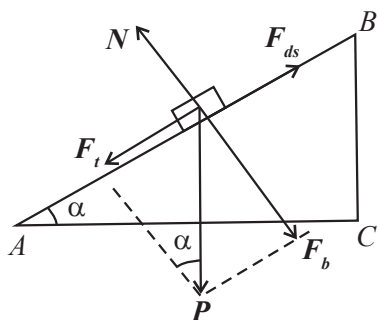
Mehanikada *güýç düşünjesiniň öwrenilmegi sürtülme güýji bilen tamamlanylýar.* Gözegçiliklerden mälim bolşy ýaly, dynçlyk sürtülme güýji elmydama jisimi ornundan üýtgetmek üçin oňa goýlan daşky güýjüň garşysyna ugrukdyrylandyr. Jisime goýlan daşky güýjüň artmagynyň kesgitli ululygyna çenli dynçlyk sürtülme güýji onuň täsirini düýpden ýok etmek üçin artýar.

Nýutonyň üçünji kanunyna laýyklykda jisimiň özüniň daýanjyna edýän  $F_b$  basyş güýji daýanjyň garşylykly reaksiýa güýjüniň moduly-

na deňdir ( $N=F_b$ ). Şonuň üçin hem jisimiň iň uly dynçlyk sürtülme güýji daýanjyň reaksiýa güýjüne proporsionaldyr. Bu güýçleriň modullaryny aşakdaky ýaly aňladyp bolar:

$$F_{ds} = \mu_{ds} N. \quad (2.1.34)$$

bu ýerde  $\mu_{ds}$  – dynçlyk sürtülme koeffisiýenti. Onuň ululygy sürtülýän üstleriň tekizlik derejesine we materiallaryna baglydyr.



2.1.15-nji surat.  
Ýapgyt jisime täsir edýän  
güýçler

Dynçlyk sürtülme koeffisiýentini hasaplamak üçin  $AB$  ýapgyt tekizlikde ýerleşdirilen dörtburç ýasy agaç bölegine täsir edýän güýçlere seredeliň (2.1.15-nji surat). Olar  $F_{ds}$  dynçlyk sürtülme güýji,  $P$  agyrlýk güýji we  $N$  daýanjyň reaksiýa güýji. Sürtülme  $F_{ds}$  güýjüniň sürtülýän üstleriň arasynda ýüze çykýandygy üçin agyrlýk güýjüniň  $F_t$  tangensial düzüjisine parallel hem-de onuň garşysyna sürtülýän üstler boýunça ugrukdyrylan. Bu ýerde

sürtülme güýjüň hem tebigatynyň elektromagnitdigini okuwçylara düşündirmeli.

### 2.1.13. Saklanma kanunynyň derňewi we öwredilişi

**Impulsyň saklanma kanuny.** Umumybilim berýän mekdeplerde saklanma kanuny ilkinji gezek IX synpda jisimleriň impulsy hakynda maglumat berlenden soňra «Impulsyň saklanma kanuny» temada öwredilýär. Umuman bu tema bilen bilelikde okuwçylar «ýapyk mehaniki sistema, içki, daşky we konserwatiw güýç» ýaly täze fiziki düşüňjeler bilen iş salşyp başlaýarlar.

«Ýapyk mehaniki sistema» ideallaşdyrylan düşüňjedir. Şonuň üçin hem takyk meselelere seredilende fiziki sistemanyň nähili hereket edýändigini, oňa daşky güýçleriň täsiri barmy ýa-da ýok diýen soraglary anyklaşdyrylýar. Eger agzalan güýçleriň täsiri bolmasa, onda

bu sistema üçin saklanma kanunyny ulanyp bolýar. Eger agzalan güýçleriň täsiri bar bolsa, onda täsir edýän güýçleriň jemi sistemanyň impulsynyň üýtgemeginiň jemine deňdir.

Adatça, impulsyň saklanma kanunynyň düşündirilişi izolirlenen sistemadaky deň massaly ýöne dürlü tizlikli iki sany jisimiň özara täsirleşmegini öwretmekden başlanýar we Nýutonyň kanunlarynyň esasynda impulsyň saklanma kanuny getirilip çykarylýar. Bu ýerde ýapyk sistemada iki özaratäsirleşýän jisimiň impulsynyň üýtgemegi moduly boýunça deň alamaty boýunça bolsa garşylyklydygy anyklanýar.

Ahyrda impulsyň saklanma kanunynyň «*ýapyk sistemany döredýän jisimleriň impulslarynyň geometrik jemi olaryň islendik özaratäsirleşmelerinde hemişelik saklanýar*» kesgitlemesi aýdylýar. Diňe jemleýji impuls sistemadaky özaratäsirleşýän jisimleriň arasynda paýlanýar. Impulsyň saklanma kanuny hökman tejribe we mesele bilen berkidilmelidir. Munuň üçin saýlanan meselede impulsyň saklanma kanunynyň geometrik (wektorlaýyn) jemi barada gürrüň gidýändigini okuwçylaryň anyklamaklary üçin grafiki çözüdü talap edýän mesele bolmalydyr. Geliň, meseleleriň birine seredeliň:

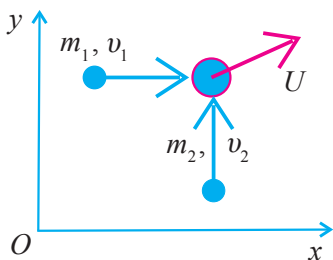
**1-nji mesele.** «Massalarynyň gatnaşygy  $m_2/m_1=4$  bolan plastilin şarlar özara perpendikulýar ugurda  $v_1=3v_2$  tizlikli hereket edip çakyşýarlar. Çakyşmadan soňra olar birleşip, bir şar bolup  $U$  tizlik bilen gorizontel tekizlik boýunça hereketini dowam etdirýärler.  $U$  tizligi kesgitlemeli».

Bu meseläni çözmek üçin hereketdäki plastilin şarlaryň ýokarysyndan seredilende olaryň  $oxy$  tekizlikde 2.1.16-njy suratdaky ýaly hereketdedikleri görner.

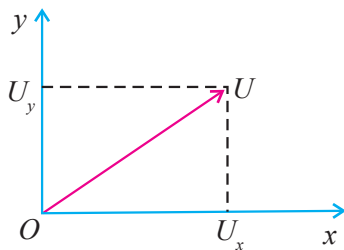
Indi birleşen plastilin şarlaryň  $U$  tizliginiň  $Ox$  we  $Oy$  oklara proyeksiýasyny gurmaly (2.1.17-nji surat). Çyzgy boýunça birleşen şaryň tizligini Pifagoryň teoremasy esasynda tapylýandygyny okuwçylara ýatlatmaly:

$$U = \sqrt{U_x^2 + U_y^2}. \quad (1)$$

Birleşen plastilin şarlaryň netijeleýji  $U$  tizligini kesgitlemek üçin şarlaryň urgudan öňki we soňky impulslarynyň jeminiň özara deňdigini saklanma kanunynyň üsti bilen ýazyp kesgitlemeli:



2.1.16-njy surat. Perpendikulýar ugurda hereket edýän plastilin şarlar



2.1.17-nji surat. Birleşen plastilin şaryň tizliginiň  $ox$  we  $oy$  oklara proyeksiýalary

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m)U. \quad (2)$$

Soňra 2-nji aňlatmanyň  $ox$  we  $oy$  oklara proyeksiýasy alynýar:

$$\left. \begin{aligned} m v_{1x} + m_2 v_{2x} &= (m_1 + m_2) U_x \\ m_1 v_{1y} + m_2 v_{2y} &= (m_1 + m_2) U_y \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

bu ýerden bolsa meseläniň şertine görä  $m_2 = m_1/4$  hasaba alyp,

$$U_x = \frac{m_1 v_{1x}}{m_1 + m_2} = \frac{4}{5} v_{1x} = \frac{4}{5} v_1, \text{ bu ýerden } v_{1x} = v_1 \text{ we } U_y = \frac{m_2 v_{2y}}{m_1 + m_2} = \frac{1}{5} v_{2y} = \frac{1}{5} v_2, \text{ bu ýerde bolsa } v_{2y} = v_2. \text{ Indi 1-nji deňligiň esasynda meseläniň şertindäki } v_1 = 3v_2 \text{ hasaba alyp, } U = \frac{13}{5} v_2 \text{ tapyp bolar.}$$

Bu tema geçilende impulsyň otnositel ululykdygyna we onuň saklanma kanunynyň islendik inersial hasaplama sistemalarynda ýerine ýetýändigine şol görnüşdäki meseleleri çözmek arkaly okuwçylaryň ünsüni çekmeli.

Impulsyň saklanma kanunynyň ýapyk sistemanyň içinde bolup geýýän relýatiwistik tizlikli jisimlerin özaratäsirinde hem ýerine ýetýändigini, ýöne bu halda impulsyň

$$p = \frac{m_0 v}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}, \quad (2.1.35)$$

ol jisimlerin tizligine baglydygyna okuwçylaryň ünsüni çekmeli.

Adatça, impulsyň saklanma kanuny reaktiw hereketi öwrenmek bilen tamamlanylýar. Bu ýerde kosmos uçuşlaryna görülýän taýýar-

lyklar K.E. Siolkowskiniň, S.P. Korolýowyň we beýleki alymlaryň, kosmonawtlaryň ömri we döredijiligi barada gürrüň bermeklik okuw-çylarda terbiýeçilik işlerini kämilleşdirmeklige ýardam berýär.

### 2.1.14. İş we energiýa düşüňjeleriniň derňewi

Fizikada energiýa düşüňjesiniň ýeterlik öwrenilendigine garamazdan alymlaryň ol barada ýeke-täk umumy kesgitleýji pikiri ýok. Bu barada görnükli fizik alym, professor A.B. Mlodzeyewskiý: «fizikanyň iň düşnüksiz düşüňjeleriniň birisi energiýadyr, diňe oňa öwrenişmeli we ulanmany öwrenmeli» diýip belleýär.

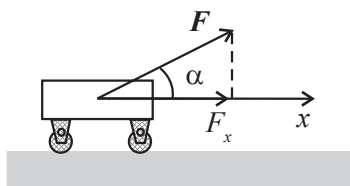
Mehaniki iş düşüňjesi ylma energiýa düşüňjesinden has ön girizilen we onuň esasynda energiýa düşüňjesine kesgitleme berlen. Munuň özi fizikler üçin sistemanyň bir haldan ikinjisine geçmek prosesiniň has gyzyklydygyndan gelip çykýar.

Mekdep fizikasynda her bir jisimiň kesgitli ýagdaýyna mahsus bolan onuň halyny kesgitleýji ululygyň – energiýasynyň bardygy hakynda aýdylýar. Jisim bir kesgitli haldan ikinjisine geçende onuň energiýasy üýtgeýär. Şunlukda, jisim mehaniki işi ýerine ýetirýär. Diýmek, ***mehaniki iş energiýanyň üýtgemegidir*** diýip netije çykarylýar. Bu ýerden bolsa energiýa bilen işiň özara berk baglanyşygy gelip çykýar.

Käbir edebiýatlarda bolsa başda energiýa düşüňjesi girizilip, soňra ýapyk sistemada kinetik we potensial energiýalaryň  $\frac{mv^2}{2} + mgh =$  =hemişelik saklanma kanuny ýazylýar. Mundan soňra mehaniki proseslerde bolup geýän energiýanyň üýtgemegini  $\left( A = \Delta \frac{mv^2}{2} \right)$  iş bilen bellenilýär.

Şeýlelikde, mehaniki iş düşüňjesi girizilýär. Mekdepde bu çemeleşmäniň ýetmezçilikleriniň birisi mehaniki energiýanyň saklanma kanuny öwrenilmänkä ol barada aýdylmagdyr.

Türkmenistanyň umumybilim berýän orta mekdeplerinde okuwyň I basgançagynda iş düşüňjesi energiýadan ön gös-göni girizilýär.



2.1.18-nji surat.  
Arabajyga täsir edýän  
güýç

Jisime täsir edýän  $F$  güýç onuň  $S$  orun üýtgetmesini döredýän bolsa, onda bu güýç  $A$  işi ýerine ýetirýär. Diýmek, **mehaniki iş diýip**, jisime täsir edýän güýjüň  $F$  modulynyň orun üýtgetmäniň  $S$  modulyna köpeltmek hasylyna aýdylýar:

$$A = FS. \quad (2.1.36)$$

Şeýle çemeleşilip, mehaniki iş düşüňjesi girizilýär we onuň umumy hallaryna seredilýär. Köplenç, jisime täsir edýän güýç orun üýtgetme bilen noldan uly we  $\pi$ -den kiçi ( $0 < \alpha < \pi$ ) burç emele getirýär (2.1.18-nji surat). Bu halda  $F$  güýjüň ýerine ýetiren işini hasaplamak üçin onuň orun üýtgetmesiniň ugruna geçirilen  $ox$  ok boýunça proyeksiýasyny almalydyr. Ýagny:  $F_x = F \cos \alpha$ , onda mehaniki işi

$$A = F S \cos \alpha, \quad (2.1.37)$$

aňladyp bolar. Bu aňlatmadaky  $\alpha = \pi/2$  bolanda, ýagny arabajyga täsir edýän güýç onuň orun üýtgetmesiniň ugruna geçirilen  $x$  oka  $\frac{\pi}{2}$  burç boýunça ugrukdyrylsa, mehaniki iş ýerine ýetirilmeýär.

Ölçeğleriň HS-de iş joulde ( $J$ ) hasaplanylýar:

$$[A] = [F \cdot S] = [N \cdot m] = [J].$$

Okuwçylara mehaniki iş düşüňjesiniň otnositeldigini degişli mysallaryň, meseleleriň üsti bilen düşündirmeli.

Mehaniki iş bilen baglanyşykly soraglar kuwwat ( $N = \frac{A}{t}$ ),  $N = Fv$  düşüňjesiniň aňlatmalaryny derňemek bilen tamamlanýar.

Soňra bolsa jisimiň energiýasy düşüňjesine geçilýär.

Umumybilim berýän orta mekdepleriň II basgançaagynda ýene-de kinetik we potensial energiýa gaýtadan dolanylýar. Şol sebäpli hem, bu ýrde kinetik we potensial energiýalaryň getirilip çykarylýşyny birneme çylşyrymlaşdyrylsa-da bolar.

**Kinetik energiýa.** Kinetik energiýanyň aňlatmasyny gönüçyzykly deňölçegli üýtgeýän hereket edýän  $m$  massaly jisimiň mysalynda getirip çykaryp bolar. Ýokarda bellenişi ýaly, jisime täsir edýän



güýjüň ýerine ýetirýän işi  $A = FS \cos \alpha$  deňlik bilen kesgitlenilýär. Eger  $\cos \alpha = 1$ , onda ýerine ýetirilen iş

$$A = FS = maS. \quad (2.1.38)$$

Seredilýän mysal deňölçeqli gönüçyzykly üýtgeýän hereket bolany üçin, bu hereketde geçilen ýoluň  $S = v_{\text{ort}}t$ , orta tizligiň ( $v_{\text{ort}} = \frac{v_0 + v}{2}$ ) aňlatmasyny ulanyp, orun üýtgetmäni ( $S = \frac{v_0 + v}{2}t$ ) ýazyp bolar. Soňra hereketiň dowam edýän wagtyňyň ( $t = \frac{v - v_0}{a}$ ) aňlatmasyny ornuna goýup, jisimiň orun üýtgetmesiniň aňlatmasyny  $S = \frac{v_0 + v}{2} \cdot \frac{v - v_0}{a}$  ýazyp bolar. Bu deňligi  $v^2 = v_0^2 + 2aS$  görnüşe getirip bolar. Bu deňlikdäki  $v_0 = v_1$ ;  $v = v_2$  bilen belläp, orun üýtgetmäni gutarnykly

$$S = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2a}, \quad (2.1.39)$$

görnüşe getirip bolar. Bu deňligi ulanyp, jisime täsir edýän güýjüň ýerine ýetirýän işini (2.1.38-nji aňlatmany)

$$A = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}, \quad (2.1.40)$$

ýaly ýazyp bolar.

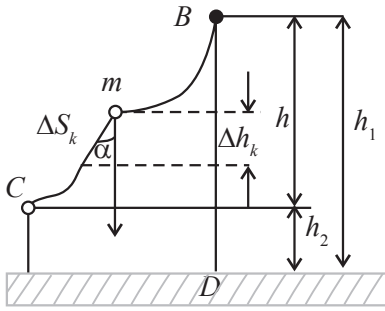
Energiýa bilen mehaniki işiň özara meňzeşlik häsiýetine görä potensial meýdanlarda konserwatiw güýjüň ýerine ýetiren işi energiýanyň azalmagynyň hasabyna amala aşyrylýandygyny belläp,  $A = -\Delta W_k$ , ýa-da

$$\Delta W_k = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}, \quad W_k = \frac{mv^2}{2}, \quad (2.1.41)$$

kinetik energiýanyň aňlatmasyny ýazyp bolar. Diýmek, **hereket edýän jisim kinetik energiýa eýedir**. Iň soňky 2.1.41-nji deňlik kinetik energiýanyň aňlatmasy.

**Potensial energiýa.** Agyrlyk güýjüniň täsiri astynda  $m$  massaly material nokadyň  $BC$  egričyzykly traýektoriya boýunça  $B$  nokatdan

$C$  nokada geçendäki hereketine seredeliň (2.1.19-njy surat). Bu aralykda material nokadyň geçýän  $S$  traýektoriasyny



2.1.19-njy surat.  
Material nokadyň egriçyzykly  
traýektoriýaly hereketi

$$BC = S = \sum_{k=1}^N \Delta S_k,$$

görnüşde aňladalyň. Traýektoriýanyň  $\Delta S$  aralygynda  $F_{a.g.}$  agyrylyk güýjüniň ýerine ýetiren  $\Delta A$  elementar işi:

$$\Delta A_k = F_{a.g.} \Delta S \cos \alpha, \quad (2.1.42)$$

görnüşde aňladylýar. Bu deňlikdäki traýektoriýanyň  $\Delta S$  bölejiginiň  $BD$  wertikal boýunça  $\Delta h_k$  proyeksiýasyny alalyň:

$$\Delta h_k = \Delta S \cos \alpha. \quad (2.1.43)$$

Soňky 2.1.43-nji deňligi hasaba alyp, 2.1.42-nji deňligi

$$\Delta A_k = F_{a.g.} \Delta h_k, \quad (2.1.44)$$

ýazyp bolar. Indi  $BC$  traýektoriýa boýunça umumy ýerine ýetirilen işi:

$$A_{ABC} = \sum_{k=1}^N \Delta A_k = F_{a.g.} \sum_{k=1}^N \Delta h_k = F_{a.g.} \Delta h = F_{a.g.} (h_1 - h_2), \quad (2.1.45)$$

gutarnykly ýazarys. Bu ýerde (2.1.19-njy surata) laýyklykda

$\sum_{k=1}^N \Delta h_k = \Delta h = (h_1 - h_2)$ . Indi agyrylyk güýjüniň kesgitlemesine görä ony  $F_{a.g.} = mg$  görnüşde 2.1.45-nji aňlatmada ornuna goýup,

$$A_{BC} = mgh_1 - mgh_2, \quad (2.1.46)$$

alarys. Bu deňlikden görnüşi ýaly,  $m$  massaly material nokady agyrylyk güýjüniň täsiri netijesinde Ýeriň dartyлма meýdanynda göçürmek üçin ýerine ýetirilen iş göçürmäniň başlangyç we ahyrky nokatlaryny häsiýetlendirýän  $mgh$  ululygyň tapawudyna deň. Bu häsiýetli meýdana **potensial meýdan**, onuň güýjüne bolsa **konserwatiw güýç** diýilýändigini okuwçylara ýatlatmaly. Onda 2.1.46-njy deňligiň sag tarapy göçürilýän material nokadyň energiýasynyň tapawudydyr. Bu bolsa,  $mgh$  ululygyň göçürilýän jisimiň Ýeriň dartyлма meýdanyndaky ýagdaýyny häsiýetlendirýän ululykdygyny aňladýar.

Özaratäsirleşyän jisimleriň (ýa-da şol bir jisimiň aýry-aýry bölekleriniň) özara ýerleşişlerine baglylykda döreýän energiýa **potensial energiýa** diýilýär we ol  $W_p$  görnüşde bellenilýär. Diýmek, Ýeriň dartyлма meýdanynda ýerleşen jisimler

$$W_p = mgh, \quad (2.1.47)$$

potensial energiýa eýedirlir.

Ýa-da agyrlık güýjüniň täsiri bilen material nokady ornundan üýtgetmek üçin ýerine ýetirilen mehaniki iş onuň potensial energiýasynyň azalmagynyň hasabyna edilýär, ýagny

$$A_{BC} = W_{p1} - W_{p2} = -(W_{p2} - W_{p1}) = -\Delta W_p. \quad (2.1.48)$$

Diýmek, *agyrlık güýjüň işi jisimiň potensial energiýasynyň azalmagyna deňdir.*

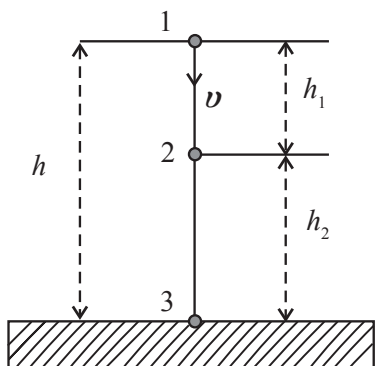
Jisimler potensial energiýany diňe bir Ýeriň dartyлма meýdanynyň esasynda däl-de, eýsem, özliriniň maýyşgak deformasyýasynda hem potensial energiýa eýe bolýarlar. Mysal üçin, gysylan ýa-da sündürilen puržiniň, potensial energiýasy  $W_p = kx^2/2$  görnüşde bolýar. Bu ýerde  $k$ -puržiniň gatylygy,  $x$ - maýyşgak güýjüň goýlan nokadynyň orun üýtgemesi, ýagny puržiniň süýnmesi (gysylmasy).

*Jisimleriň kinetik we potensial energiýalarynyň jemine **doly energiýa** diýilýär we ol  $W = W_k + W_p$  bilen bellenilýär.*

### 2.1.15. Mehanikada energiýanyň saklanma kanuny

Mehanikada energiýanyň saklanma kanunyny ýokary synp okuwçylaryna düşündirmek üçin erkin gaçýan jisimiň potensial energiýasynyň azalmagy onuň kinetik energiýasynyň şonça ulalmagyna deňdigini subut etmeli.

Munuň üçin jisimiň ýapyk, ýagny diňe agyrlık (konserwativ) güýjüň täsir edýän sistemasyndaky hereketine seredeliň. Goý,  $m$  masaly jisim  $h$  beýiklikden howanyň garşylygy ýok şertinde aşak Ýere erkin gaçsyn. Jisimiň 1-nji nokatda (2.1.20-nji surat) Ýere görä potensial energiýasy  $W_{p1} = mgh$ , onuň kinetik energiýasy bolsa  $W_{k1} = 0$ .



2.1.20-nji surat.  
Jisimiň erkin gaçma hereketi

Sebäbi ol nokatda jisim heniz hereketsiz. Onda jisimiň bu nokatdaky doly energiýasy

$$W_1 = W_{1k} + W_{1p} = mgh.$$

Jisim aşak gaçyp ugranda onuň Ýeriň ýokarsyndaky  $h$  beýikligi azalyp başlaýar we onuň potensial energiýasy kiçelýär. Bu halda jisimiň hereketiniň tizliginiň ulalmagy bilen onuň kinetik energiýasy artýar. Erkin gaçýan jisimiň traýektoríasynyň 1–2 böleginde, ýagny jisimiň beýikliginiň

$h_1$  ululyga azalanda onuň potensial energiýasynyň azalmagy:

$$\Delta W_p = mgh_1, \quad (2.1.49)$$

deňdir. Bu 2-nji nokatda onuň kinetik energiýasynyň artmagy:

$$\Delta W_k = \frac{mv_2^2}{2}, \quad (2.1.50)$$

deňdir. Bu ýerde  $v_2$  – jisimiň 2-nji nokatdaky tizligi. Başlangyç tiziksiz, erkin gaçmada tizligiň  $v_2^2 = 2gh_1$  aňlatmasyny 2.1.50-nji deňlikde goýup alarys:

$$\Delta W_k = mgh_1. \quad (2.1.51)$$

Soňky iki (2.1.50) we (2.1.51) deňliklerden görnüşi ýaly, hereketiň seredilen böleginde jisimiň kinetik energiýasynyň ululygynyň artmagy, onuň potensial energiýasynyň ululygynyň azalmagyna deňdir 2.1.49 we 2.1.51-nji aňlatmalar. Diýmek, *jisimiň potensial energiýasy onuň kinetik energiýasyna öwrülýär*, ýagny  $\Delta W_k = -\Delta W_p$ . Aşak gaçýan jisimiň agzalan suratyň 2-nji nokadynda potensial energiýasy  $W_{p2} = W_{p1} - \Delta W_p = mgh - mgh_1$ , onuň kinetik energiýasy bolsa,  $W_{k2} = \Delta W_k = mgh_1$ .

Ýagny 2-nji nokatda jisimiň doly mehaniki energiýasy

$$W_2 = W_{k2} + W_{p2} = mgh_1 + mgh - mgh_1 = mgh. \quad (2.1.52)$$

Ýeriň üstündäki 3-nji nokatda  $W_{p_3} = 0$ , sebäbi bu nokatda  $h = 0$ ,  $W_{k3} = \frac{mv_3^2}{2}$ . Bu ýerde  $v_3$ - jisimiň Ýere gaçan pursadyndaky tizligi.

Onuň  $v_3^2 = 2gh$  bolany üçin 3-nji nokatda jisimiň doly energiýasy  $W_3 = mgh$ . Erkin gaçmagynyň bütin dowamynda jisimiň doly energiýasy:

$$W = W_k + W_p = \text{hemişelik.} \quad (2.1.53)$$

Bu 2.1.53-nji deňlik ýapyk sistemada jisimiň energiýasynyň saklanma kanunynyň aňlatmasydyr. ***Energiýanyň saklanma kanuny:*** ýapyk sistemada özara diňe konserwativ güýçler bilen täsirleşýän jisimleriň islendik hereketinde sistemanyň doly içki energiýasy üýtgemýär. Diňe potensial energiýa kinetik energiýa we tersine özgerýär.

Energiýanyň saklanma kanunynyň ýönekeý gurluşlarda ulanylmagyny öwrenmek bilen bu tema tamamlanýar. Bu ýerde energiýany harçlaman mehaniki işi ýerine ýetirip, ýagny «baky dwigateli» döredip bolmajakdygyna okuwçylaryň ünsüni çekmeli.

## 2.1.16. Mehaniki yrgyldylar we tolkunlar düşünjeleriniň kämilleşmeginiň derňewi

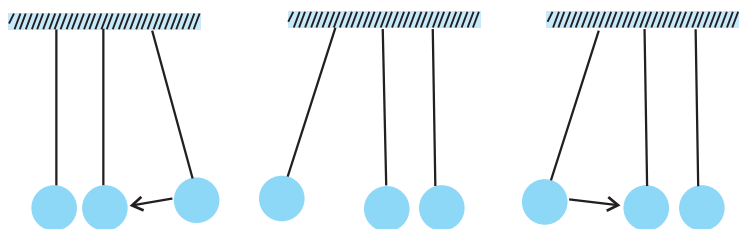
Türkmenistanyň umumybilim berýän orta mekdepleriniň fizika boýunça maksatnamalarynda «Mehaniki yrgyldylar we tolkunlar» temalary okuwyň I basgançagynda geçilip, oňa soňra dolanyp gelinmeýär.

Okuwçylara başda mehaniki yrgyldylary häsiýetlendiriji ululyklar, yrgyldynyň deňlemesi, tizligi, tizlenmesi, periody we ş.m. öwredilýär. Mehaniki yrgyldylaryň goşulyşynyň dürli hallarynda alynýan yrgyldynyň görnüşi barada okuwçylar tanyşdyrylýar. Yrgyldylaryň rezonans hadysasy, onuň durmuşda duşýan dürli hallary ýatlanýlar. Mehaniki yrgyldylary öwrenmek okuwçylarda tolkun düşüňjesiniň kemala getirilmegi bilen tamamlanylýar. Bu ýerde okuwçylar mehaniki yrgyldylardan maýyşgak üst boýunça ýaýraýan tolkunynyň döremegini düşüňmeklerini tejribede ýa-da wideo ýazgyda düşündirmeli we olaryň özleriniň yrgyldy bilen tolkunynyň tapawudyny aýyl-saýyl

etmeklerini gazanmaly. Suwa batyrylan taýajyk garmoniki yrgyldyny ýerine ýetireninde suwda tolkun döreyär ýa-da jaňjagazyň çekiji hereket edip, ony gurşap alan metal okarajyga degýär we giňişlikde ses eşidilýär we ş.m. ýaly mysallar bilen mehaniki yrgyldynyň üsti bilen tolkun düşüňjesiniň okuwçylar tarapyndan düşünilmegini gazanmaly. Şonuň üçin, okuwçylary maýyşgak sreda düşüňjesi bilen tanyşdyrmaly.

Soňra yrgyldylaryň maýyşgak sredada ýaýramagyny öwretmek maksady bilen başda onuň nämedigini düşündirmeli. Munuň üçin dört tarapy hem goňşy şarlar bilen puržin arkaly özara birikdirilen 3–4 hatar şarlardan ybarat gurluş ýasamaly. Soňra şarlaryň birini yrgyldadyp goýberilende beýleki şarlaryň arasynda maýyşgak güýjüň döreyändigini okuwçylara görkezmeli we olaryň aňyna ýetirmeli. Bu tejribäniň üsti bilen maýyşgak sredada tolkunýň döremegi düşündirilýär.

Maýyşgak güýçler bilen özara baglanyşykly bölejiklerden ybarat sreda **maýyşgak sreda** atlandyrylýar. Wagtyň dowamynda yrgyldynyň daşky maýyşgak sredada onuň maýyşgak häsiýetleriniň hasabyna ýaýramagyna **maýyşgak tolkunlar** diýilýär.



2.1.21-nji surat.

Asylgy şarlaryň merkezi urgusy

Tolkun düşüňjesiniň kämilleşdirilmeginiň indiki basgançagy maýyşgak sredada tolkun ýaýranynda sredanyň bölejikleriniň deňagramlylyk halyndan gozganman olaryň energiýany geçiriji roluny oýnaýandyklaryny okuwçylara düşündirmek üçin durnukly deňagramlylyk halyndaky biri-birine galtaşýan dürli nokatlardan asylgy üç sany maýatnikleriň çetkisini uly bolmadyk burça gyşardyp, öz erkine goýberilende, ol ortadaky şara urulýar we soňra onuň degen ortadaky şarynyň butnawsyz galyp (2.1.21-nji surat), ikinji

gyradaky şarynyň herekete gelýändigini okuwçylara görkezmeli. Bu tejribäniň esasynda okuwçylar giňişlikde tolkun ýaýranýnda sredanyň bölejikleriniň görkezilen mysaldaky ortaky şaryň energiýany geçirişi ýaly, roly oýnaýandygyny aňlamaklaryny gazanmaly.

Soňra okuwçylara ses tolkunlary we onuň häsiýetlendiriji ululyklary, durmuşda, senagatda ulanylýan ýerleri öwrenilýär.

Tebigaty boýunça çylşyrymly häsiýeti bolan «Elektromagnit yrgyldylary» okuwyň II basgançagynda öwrenilýär. Elektromagnit yrgyldylaryň deňlemeleri mehaniki yrgyldylaryň hereket deňlemelerine meňzeş hasaplanylýp öwrenilýär. Soňra bolsa elektromagnit yrgyldylarynyň giňişlikde şöhlelendirilişi, radio tolkunlaryny öwrenmek bilen yrgyldylar we tolkunlar doly öwrenilip gutarylýar.

### 2.1.17. Mehaniki yrgyldylar

Okuwçylaryň yzygider gaýtalanýan hereket bilen ilkinji gezek iş salyşýandyklary üçin başda bu hereketiň duşýan ýerleri barada mysallar getirilýär.

Biz özümiziň gündelik gözegçiligimizde, ýaşayşymyzda yrgyldyly herekete örän köp duşýarys. Mysal üçin, adamynyň ýüreginiň urgusy, elektronyň atomdaky hereketi, dutaryň kirşiniň titremegi, maýatnigiň hereketi, puržiniň ujuna dakylan jisimiň hereketi, yrgyldyly konturdaky elektromagnit yrgyldylary we ş.m. yrgyldyly hereketleriň mysalydyr. ***Yrgyldyly hereket diýip, deňagramlyk halynyň töwereginde şol bir wagt aralygynda doly ýa-da takmyn, dolylygyna gaýtalanýan hereketlere aýdylýar.***

Gaýtalanýan prosesleriň arasynda yzygider periodiki gaýtalanýan hereket wajyp orny tutýar. *Yrgyldyny häsiýetlendirýän we hereketiň dowamynda üýtgeýän fiziki ululyklaryň (orun üýtgetme, tizlik) deň wagt aralygynda gaýtalanmagyna **periodiki yrgyldy** diýilýär.* Gününň töwereginde planetalaryň hereketi, içinden ýandyrylýan hereketlendirijileriň (dwigatelleriň) silindrdäki porşeniň hereketi, Ýeriň öz okunyň daşynda aýlanmagy we ş.m. periodiki yrgyldylaryň mysallarydyr.

Periodiki yrgyldyly hereketiň haýsy hem bolsa bir nokadynyň yrgyldysy öwrenilse, onuň hereketiniň traýektoriyasynyň gaýtalanýandygyna göz ýetireris. Yrgyldyly hereketiň her bir nokadynyň yrgyldysynyň bolup geçiş häsiýetiniň birmeňzeşdigi üçin onuň bir nokadynyň hereketini öwrenmek ýeterlikdir. Nokadyň **doly yrgyldysy** diýip, hereketiň gaýtalanman geçýän bir gutarnykly aýlawyna aýdylýar.

Bir doly yrgyldynyň bolup geçýän wagtyna **yrgyldynyň** ( $T$ ) **periody** diýilýär.

Periodiki yrgyldynyň  $\nu$  **ýygylýgy** diýip, wagt birliginde bolup geçýän doly yrgyldylaryň sanyna aýdylýar:

$$\nu = \frac{1}{T}. \quad (2.1.54)$$

Yrgyldynyň ýygylýgy ölçegleriň Halkara sistemasynda gerslerde ( $Gs$ ) aňladylýar. **Gers** periody 1 sekunda deň bolan yrgyldylaryň ýygylýgydyr ( $1Gs = 1 s^{-1}$ ).

Periodiki yrgyldynyň ( $\omega$ ) **aýlaw ýygylýgy** diýip, bir sekundaky ( $t=T=1s$ ) nokadyň aýlawly hereketinde ýazan  $\varphi = 2\pi$  radian hasabyndaky burçuna aýdylýar:

$$\omega = 2\pi\nu = \frac{2\pi}{T}. \quad (2.1.55)$$

Aýlaw  $\omega$  ýygylýk hem edil  $\nu$  ýygylýk ýaly Halkara sistemada gerslerde ölçenilýär. Yrgyldyly hereket etmäge ukyply jisim (material nokat) tä daşyndan güýç täsir edip, oňa goşmaça energiýa berilýänçä öňki **durnukly deňagramlylyk halynda** bolar. Eger munuň ýaly jisim deňagramlylyk halyndan çykarylýp, öz erkine goýberilse, ol özüniň deňagramlylyk halynyň töwereginde yrgyldyly hereketi ýerine ýetirip başlar. Munuň ýaly yrgylda **hususy yrgyldy** diýilýär.

Yrgyldyly hereketde material nokadyň deňagramlylyk halyndan iň uly gyşarma aralygyna yrgyldynyň amplitudasy diýilýär. Diýmek, yrgyldyly hereket özüniň periody, ýygylýgy we amplitudasy bilen häsiýetlendirilýär.



Material nokadyň yrgyldysy *şol bir amplituda bilen gaýtalan-sa*, oňa **togtamaýan**, *amplitudasy yzygider kiçelýän yrgyldylara bolsa, togtaýan yrgyldylar* diýilýär.

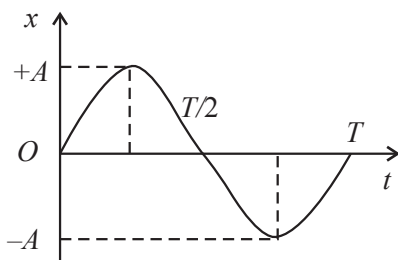
## 2.1.18. Garmoniki yrgyldylar

Eger hereket edýän jisimiň koordinatasy wagt biriginde sinuslar (ýa-da kosinuslar)

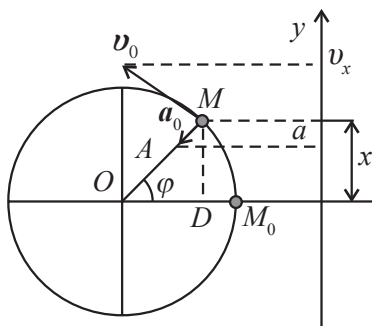
$$x = A \sin(\omega t + \varphi_0), \quad (2.1.56)$$

kanun boýunça üýtgeýän bol-sa, hereket **garmoniki yrgyldyly** atlandyrylýar (2.1.22-nji surat). Bu ýerde  $x$  – periodyň islendik ülüşinde material nokadyň deňagramlyk halyndan orun üýtgetmesi,  $A$  – yrgyldynyň amplitudasy,  $\omega t$  – yrgyldynyň fazasy,  $\varphi_0$  – yrgyldynyň başlangyç fazasy. Sinus funksiýanyň  $(\omega t + \varphi_0)$  argumentine  $\varphi_0 = 0$  bolan ýagdaýynda  $(\omega t)$  **yrgyldynyň fa-zasy** diýilýär. **Faza** islendik  $t$  wagt pursadynda material nokadyň özünüň periodyň radian hasa-byndaky näçe üleşini geçendigini aňladýar. Başlangyç  $\varphi_0$  faza,  $t=0$  pursatda jisimiň material nokadyň deňagramlylyk halyndan orun üýt-gemesini aňladýar. Eger başlangyç faza  $\varphi_0 = 0$  we  $t = T$  bolsa, onda  $\omega t = 2\pi$ ; Eger  $t = T/4$  bolanda bolsa,  $\omega t = \pi/2$ ; we ş.m. hala laýykdyr.

Goý,  $M$  material nokat  $A$  ra-diusly töwerek boýunça sagat di-liniň aýlanma ugrunyň garşysyna deňölçegli hemişelik  $\omega_0$  burç tizlikli hereket etsin (2.1.23-nji surat). Başlangyç  $t = 0$  pursatda material no-kat  $M_0$  nokatda bolup, onuň başlangyç fazasy  $\varphi_0 = 0$  bolsun. Hereket



2.1.22-nji surat.  
Sinusoidal yrgyldynyň grafigi



2.1.23-nji surat.  
Material nokadyň töwerek boýunça hereketi

başlanandan  $t$  wagtdan soňra  $M$  nokat  $\varphi$  burça süýşer. Bu halda  $MD=x$  diýip kabul edeliň,  $M$  material nokadyň  $x$  ok boýunça proyeksiýasyny tapalyň:

$$x = A \sin \varphi.$$

Çyzgy boýunça  $\varphi = \omega_0 t$  bolany üçin bu deňligi

$$x = A \sin \omega_0 t, \quad (2.1.57)$$

ýazyp bolar. Bu deňlikden görnüşi ýaly  $M$  material nokat töwerek boýunça aýlananda onuň  $y$  oka proyeksiýasy  $O$  nokadyň töwereginde garmoniki yrgyldyny ýerine ýetirýär.

Bu  $M$  material nokadyň  $v_0$  tizliginiň  $y$  oka proyeksiýasy (2.1.23-nji surat)

$$v_x = v_0 \cos \omega_0 t. \quad (2.1.58)$$

Çyzgy we burç tizlikleriň arasyndaky baglanyşygy (2.1.58-nji deňlik) göz önünde tutup,  $v_0 = A \omega_0$  ýazyp bolar, bu ýerde  $A$  töweregiň radiusy.

Trigonometrik funksiýanyň  $\cos \omega_0 t = \sin(\omega_0 t + \pi/2)$  hasaba alyp, (2.1.58-nji deňligi) aşadaky ýaly ýazyp bolar:

$$v_x = A \omega_0 \sin\left(\omega_0 t + \frac{\pi}{2}\right). \quad (2.1.59)$$

Bu aňlatmadan mälim bolşy ýaly, yrgyldaýan  $M$  material nokadyň tizligi hem edil onuň  $x$  orun üýtgetmesi ýaly sinusoidal kanun boýunça üýtgeýär we  $\sin(\omega_0 t + \pi/2) = 1$  bolanda ol özüniň iň uly  $v_{\max} = A \omega_0$  maksimal bahasyna ýetýär. Material nokadyň töwerek boýunça aýlanmagynda döreýän  $a_0$  merkeze ymtylýan tizlenmäniň  $y$  oka proyeksiýasy

$$a = -a_0 \sin \omega_0 t. \quad (2.1.60)$$

Ýa-da  $F_{\text{my}} = m a_{\text{my}} = m v_0^2 / R$  we  $v_0 = \omega_0 R$ , ( $R=A$ ) onda,  $a_0 = \frac{v_0^2}{A} = \omega_0^2 A$  ululygy ulanyp, 2.1.60-njy aňlatmany:

$$a = -\omega_0^2 A \sin \omega_0 t, \quad (2.1.61)$$

görnüşde ýazyp bolar.

Eger  $\sin \omega_0 t = 1$  bolanda  $a_{mak} = \omega_0^2 A$  material nokadyň tizlenmesi özüniň iň uly bahasyna eýe bolýar.

Ýokarda getirilen 2.1.56-njy deňligi hasaba alyp, 2.1.61-nji deňlikde garmoniki yrgyldynyň tizlenmesini

$$a = -\omega_0^2 x, \quad (2.1.62)$$

görnüşe getirip bolar. Bu deňlikdäki minus alamaty yrgyldaýan nokadyň tizlenmesiniň onuň orun üýtgetmesiniň garşylykly tarapyna ugrugandygyny aňladýar.

Garmoniki yrgyldy barada okuwçylara doly maglumat berlenden soňra matematiki, puržinli maýatnikleriň hereketi we olaryň yrgyldylarynyň periodynyň aňlatmasyny getirip çykarylmalydyr. Muny amala aşyrmak üçin başda matematiki maýatnik bilen okuwçylary tanyşdyrmaly we onuň nähili maksat üçin ulanylýandygyny düşündirmeli.

*Agramsyz, süýnmeýän, l uzynlykly sapakdan asylan m massaly material nokada*

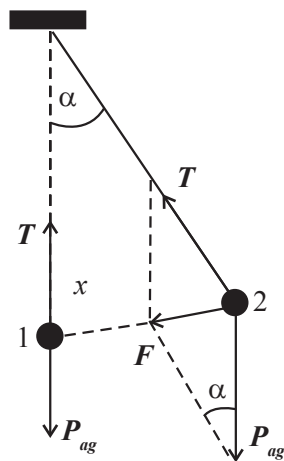
**matematiki maýatnik** diýilýär (2.1.24-nji surat).

Bu çyzgydaky 1 halda material nokadyň  $P_{a.g.} = mg$  agyrylyk güýjüni sapagyň  $T$  dartuw güýji deňagramlaşdyrýar. Diýmek, bu hal matematiki maýatnikiň durnukly

deňagramlylyk halydyr. Eger maýatnik ( $\alpha = \sin \alpha$ ) şert ýerine ýetýän kiçi burça gysardylsa (2 hal), ol özüniň durnukly deňagramlyk halyny ýitirýär. Bu ýagdaýda maýatnikiň we onuň sapagynyň  $T$  dartuw güýjüniň agyrylyk güýjüniň deňtäsiredijisi bolan gaýtaryjy  $F = -mg \sin \alpha$  güýç täsir edýär. Bu deňlikdäki minus alamaty güýjüň matematiki maýatnikiň deňagramly halyna tarap ugrugandygyny aňladýar.

Maýatnikiň gyşarma burçunyň kiçiligi üçin  $\sin \alpha = \tan \alpha = \alpha$ . Çyzga laýyklykda  $\sin \alpha = \alpha = x/l$  bolany üçin gaýtaryjy güýji

$$F = -\frac{mg}{l}x,$$



2.1.24-nji surat.  
Matematiki maýatnik

görnüşde ýazyp bolar. Bu deňlikden görnüşi ýaly, gaýtaryjy güýç maýatnigiň  $x$  orun üýtgemesine proporsional. Diýmek, güýjüň täsiri netijesinde material nokat deňagramlyk halynyň töwereginde garmoniki yrgyldyny ýerine ýetirer. Öz tebigaty boýunça maýyşgak däl, ýöne orun üýtgetmä proporsional bolan güýçlere **kwazi maýyşgak** (takmyn maýyşgak) diýilýär.

Matematiki maýatnigiň hereketiniň deňlemesini

$$F = ma = -\frac{mg}{l}x, \quad (2.1.63)$$

görnüşde ýazyp bolar. Bu aňlatmadan maýatnigiň tizlenmesi

$$a = -\frac{g}{l}x. \quad (2.1.64)$$

Bu aňlatmany 2.1.62-nji deňlik bilen deňeşdirip alarys:

$$-\frac{g}{l}x = -\omega_0^2 x. \quad (2.1.65)$$

Bu ýerden bolsa, matematiki maýatnigiň aýlaw ýygylgy:

$$\omega_0^2 = \frac{g}{l},$$

Başga tarapdan  $\omega_0 = 2\pi/T$  aňlatmany göz önünde tutup,

$$T = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}, \quad (2.1.66)$$

matematiki maýatnigiň periodynyň aňlatmasyny alarys. Bu aňlatmadan görnüşi ýaly, matematiki maýatnigiň periody onuň massasyna we amplitudasyna bagly däl.

Indi okuwçylary puržinli maýatnik bilen tanyşdyrmaly we onuň yrgyldysynyň periodyny matematiki maýatnigiň periody bilen deňeşdirip, okuwçylaryň özleriniň netije çykarmaklaryny gazanmaly.

Munuň üçin başda puržinli maýatnigiň gurluşyny düşündirmeli we onuň özüni görkezmeli.

*Bir ujy hereketsiz asma berkidilen, ikinji ujuna bolsa  $m$  massaly şar (material nokat) dakylan gatylygy  $k$  bolan puržinli gurluş puržinli maýatnikdir (2.1.25-nji surat). Durnukly deňagramlyk*

$O$  halynda bu maýatnigiň şaryna wer-tikal aşak  $P_{a.g.} = mg$  agyrylyk we onuň garşysyna wer-tikal ýokaryk puržiniň  $f_m$  maýyşgaklyk güýji täsir edýär. Agza-lan halda bu güýçleriň deňtäsiredijisi nola deňdir ( $|P_{ag}| = |f_m|$ ).

Eger bu maýatnigiň puržinini deňagramlyk ýagdaýyndan  $x$  aralyga  $A$  nokat bilen bellenen hala çenli sündü-rilse, onda maýatnigiň şaryna  $f_m = -kx$  maýyşgaklyk güýji täsireder. Bu güýjüň

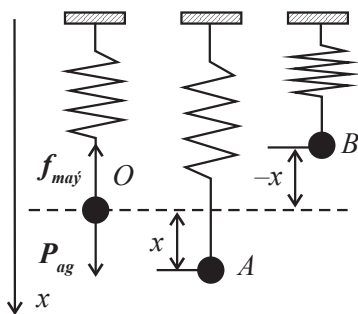
ugry  $x$  orun üýtgetmäniň garşysyna, ýagny deňagramlyk halyna tarap ugrugandygy üçin onuň aňlatmasynyň sagynda minus alamaty goýlan. Maýyşgaklyk güýji özüniň kesgitlemesine laýyklykda ( $f_m = -kx$ )  $x$  orun üýtgetmä göni bagly artýar. Bu nokatda ol özüniň iň uly ba-hasyna deňdir we gaýtaryjy häsiýete eýedir. Agyrylyk güýjüniň ululygy bolsa öňküligine galyp, ol maýatnigi deňagramlylyk haldan çykar-maga ýardam berýär. Bu halda  $f_m > P$  bolany üçin maýatnik özüniň deňagramlylyk halyna  $O$  nokada tarap süýşüp, oňa golaýlaşdygyça maýyşgaklyk güýji azalýar we  $O$  nokatda ol özüniň minimal baha-syna eýe bolar. Ýöne maýatnik bu deňagramlyk ýagdaýynda durman inersiýa boýunça hereketini dowam etdirip,  $B$  nokat bilen bellenen özüniň ikinji çetki nokadynda sähinýär. Bu nokatda hem maýatnige edil  $A$  nokatdaky ýaly deňagramlyk halyna ugrukdyrylan maýyşgak (gaýtaryjy) güýç täsir edip, ony  $O$  nokada tarap hereketlendirýär. Bu mysalda  $m$  massaly jisimiň (maýatnigiň) yrgyldyly hereketi gaýtaryjy güýjüň we jisimiň inersiýasynyň täsiri netijesinde döreýär. Şeýdip, puržinli maýatnik deňagramlyk ýagdaýynyň töwereginde gaýtalan-ýan yrgyldyly hereketi dowam etdirýär.

Bu ýerde okuwçylara maýyşgaklyk güýjüniň tebigatynyň elektro-magnitdigini we deformirleýji güýjüň täsir ugruna baglylykda onuň ugruny üýtgetmeginiň sebäplerini anyklamaly

Soňra Nýutonyň ikinji kanuny boýunça maýatnigiň hereketiniň deňlemesi ýazylyar:

$$ma = -kx. \quad (2.1.67)$$

Bu ýerden  $a = -(k/m)x$ .



2.1.25-nji surat. Puržinli maýatnik

Hereketiň tizlenmesiniň  $a = d^2x/dt^2 = x''$  bolany üçin 2.1.67-nji deňligi  $mx'' = -kx$  ýa-da  $mx'' + kx = 0$ . Eger  $k/m = \omega_0^2$  bilen bellesek, erkin yrgyldynyň deňlemesini

$$x'' + \omega_0^2 x = 0, \quad (2.1.68)$$

görnüşe getirip bolar. Bu deňligiň çözüdiniň

$$x = A \sin(\omega_0 t + \varphi_0),$$

görnüşdäki funksiýa bolýandygyny okuwçylaryň aňmaklaryny gazanmaly.

Şeýlelikde,  $m$  massaly jisim  $f = -kx$  maýyşgak güýjüň täsiri netijesinde  $\omega_0$  aýlaw ýygyllykly yrgyldyny ýerine ýetirer:

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}. \quad (2.1.69)$$

Yrgyldynyň periodynyň kesgitlemesine laýyklykda

$$T = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}. \quad (2.1.70)$$

Ahyrky 2.1.69 we 2.1.70-nji deňliklerden görnüşi ýaly yrgyldynyň periodyny we hususy ýygyllygyny sistemanyň häsiýetlendiriji parametri bolan puržiniň  $k$  gatylyk koeffisiýenti we yrgyldaýan jisimiň  $m$  massasy kesgitleýändigini okuwçylara düşündirmeli.

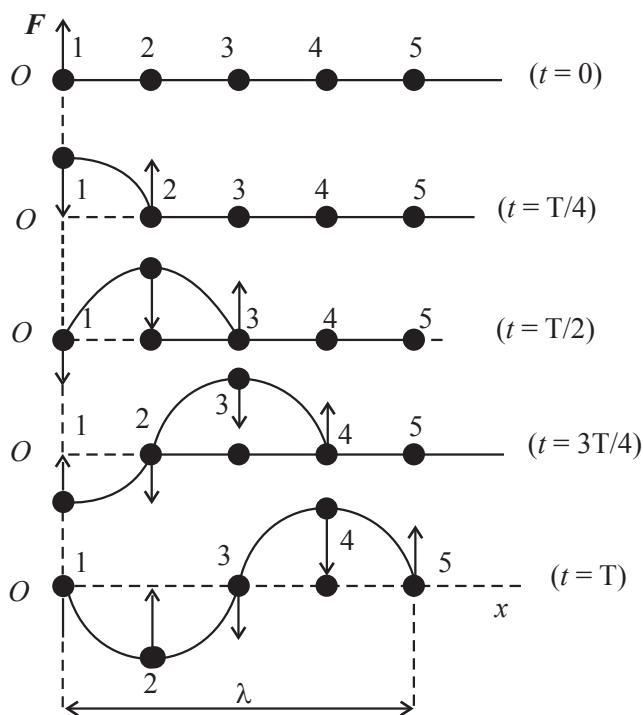
Okuwçylaryň matematiki maýatnigiň periodynyň 2.1.66-njy we puržinli maýatnigiň periodynyň 2.1.70-nji aňlatmalaryny deňeşdirip, dogry netije çykarmaklaryny gazanmaly. Olara mehaniki yrgyldylaryň rezonansynyň durmuşda peýdaly we zyýanly pursatlary barada düşündirmeli.

Bu bölüm mehaniki yrgyldylarda energiýanyň özgermegi, togtayan, togtamaýan, mejbury we seýsmiki yrgyldylary öwrenmek bilen tamamlanýar.

### 2.1.19. Mehaniki tolkun

Maýyşgak güýçler bilen özara baglanyşykly bölejiklerden ybarat bolan sreda **maýyşgak sreda** atlandyrylýar. Wagtyň dowamynda yrgyldynyň daşky maýyşgak sredada onuň maýyşgak häsiýetleriniň hasabyna ýaýramagyna **maýyşgak tolkunlar** diýilýär. Mehaniki yr-

gyldylar islendik atamlardan we molekulalardan ybarat, durnukly deňagramlylyk halynyň bozulmagy aňsat bolan islendik sredada ýaýrap bilýärler. Tolkunyň ýaýraýan ugry boýunça geçirilen göni çyzyga **şöhle** diýilýär. Sredanyň bölejikleriniň yrgyldylary şöhlä (tolkunyň ýaýraýan ugruna) perpendikulýar bolup geçýän tolkunlara **kese tolkunlar** diýilýär. Sredanyň bölejikleriniň yrgyldylary şöhläniň boýuna bolup geçýän tolkunlara **boý tolkunlary** diýilýär. *Kese tolkunlar diňe gaty jisimleriň içinde ýaýraýar. Sebäbi kese tolkunlaryň döremegi üçin sredany düzýän bölejikleriň başlangyç maýyşgak deformasiýanyň hasabyna süýşmegi zerurdyr.* Suwuklyklaryň we gazlaryň gatlaklarynyň özara biri-birine görä orun üýtgetmeklerinde onuň garşysyna ugrukdyrylan maýyşgak güýçler, ýagny sredada maýyşgak deformasiýa döremeýär. Şonuň üçin hem, *gazlarda we suwuklyklarda kese tolkunlar ýaýrap bilmeýär.* Boý tolkunlary bolsa gaty, suwuk we gaz halyndaky sredalarda ýaýrap bilýärler. Kese tolkunlaryň döremegi 2.1.26-njy suratda görkezilen.



2.1.26-njy surat. Kese tolkunlaryň döreýiş yzygiderligi

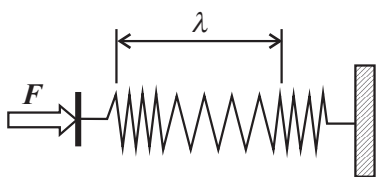
Bu suratyň birinji hatarynda  $t=0$  başlangyç pursatda maýyşgak sredanyň bölejikleriniň başisiniň  $x$  ok boýunça deňagramlylyk halyndaky ýagdaýy görkezilen. Bu hataryň 1-nji nokadyna  $x$  oka görä perpendikulýar ugurda  $T$  period bilen garmoniki yrgyldyny ýerine ýetirer ýaly  $F$  güýç bilen täsir edilen. Goňşy nokatlaryň hemmesiniň özara maýyşgak güýç bilen baglanyşyklylygy sebäpli olar hem ýuwaş-ýuwaşdan haýallyk bilen yrgyldap başlarlar.

Agzalan nokadyň periodynyň dörtten birine ( $t = T/4$ ) deň wagtdan soňra 1-nji nokat  $x$  okdan iň uly, ýagny  $A$  amplituda deň bolan aralyga süýşer. Bu halda 2-nji nokatdan çepde ýerleşen nokatlaryň hemmesi herekete geler.

Yrgyldy başlap  $t = T/4$  wagt geçenden soňra 2-nji nokat hem ýokary galyp başlar. Ýene-de şonça, ýagny  $t = T/2$  wagtdan 1-nji nokat özüniň deňagramlylyk halyna gaýdyp geler, 2-nji nokat bolsa,  $x$  okdan iň uly aralyga daşlaşar we yrgyldy 3-nji nokada baryp ýeter.

Periodyň  $t=3T/4$  döwründe 1-nji nokat özüniň deňagramlylyk halyndan aşak,  $A$  amplituda deň bolan iň uly aralyga süýşer, 2-nji nokat bolsa, deňagramlylyk halyna dolanyp geler. Bu halda 3-nji nokat özüniň deňagramlylyk halyndan iň uzak aralykda bolar we yrgyldy 4-nji nokada ýeter.

Yrgyldy başlanandan soňra  $t = T$  perioda deň wagtda, 1-nji nokat doly bir yrgyldyny ýerine ýetirip, özüniň deňagramlylyk halyna dolanyp geler. Bu wagtda yrgyldy 5-nji nokada ýeter we hemme yrgyldaýan nokatlar kese tolkuný dörederler.



2.1.27-nji surat. Boý tolkunynyň döreýşi

Horizontál ýerleşdirilen uzyn puržinde boý tolkunynyň döreýşi 2.1.27-nji suratda görkezilen. Eger bu puržiniň berkidilmedik ujy  $F$  daşky güýjüň periodiki täsirine sezewar edilse, puržiniň sarymlary ýygý hem-de seýrek sarymlar bilen seplesip gider. Puržiniň sarymlarynyň

ýygjamlaşmagy, ýa-da seýreklenmegi onuň uzynlygyna ýaýrar we boý tolkuný dörrär. Puržiniň sarymlary deňagramlylyk halynyň töwereginde yrgyldar. Ses tolkunlary boý tolkunlarynyň mysalydyr.



### 2.1.20. Yrgyldynyň ýaýraýyş tizligi. Tolkun uzynlyk

Tolkun prosesinde sredanyň bölejikleri öňe hereket etmän, olar diňe özüniň deňagramlyk halynyň töwereginde yrgyldyly hereketi ýerine ýetirýärler. Tolkun maýyşgak sredanyň bir ýerinden ikinji ýerine yrgyldynyň çeşmesinden gelýän energiýany yzygider geçirýär. Energiýa sredanyň bir böleginden goňşy bölegine we ş.m. yzygiderlikde geçirilýär. Şeýlelikde, energiýanyň çeşmesinden daş-töwerege onuň akymy geçýär. Tolkun boýunça geçýän energiýanyň mehaniki işi ýerine ýetirişi ýaly, ol energiýanyň beýleki görnüşlerine-de üýtgap bilýär. Muňa mysal edip, weýran ediji güýji bolan partlama tolkunynyň ýaýramagyny getirip bolar. Yrgyldynyň energiýasynyň ýaýraýyş tizligine  $v$ , **toparlaýyn tizlik** diýilýär.

Yrgyldynyň fazasynyň orun üýtgetmek tizligine bolsa **faza tizligi** diýilýär. Birmeňzeş fazada yrgyldaýan nokatlar toplumyna **tolkun üsti**, yrgyldynyň berlen pursatda baryp ýeten nokatlarynyň toplumyna bolsa, **tolkunynyň fronty** (öňhatary) diýilýär. Şeýlelikde, tolkun fronty birdir (ýekedir), tolkun üstleriniň sany bolsa tükeniksizdir. Tolkun üstüniň görnüşine baglylykda **tekiz** we **sferik tolkunlary** tapawutlandyrylýar.

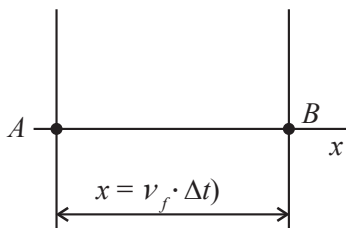
Tolkunlar hem edil yrgyldyly hereket ýaly  $T$  period,  $\nu$  ýygylýk, şonuň ýaly hem *şol bir fazada yrgyldaýan iki goňşy nokadyň iň ýakyn aralygy*  $\lambda$  – **tolkun uzynlyk** bilen häsiýetlendirilýär. Bu häsiýetlendiriji ululyklar öz aralarynda :

$$\lambda = v_f T; \quad v_f = \lambda \nu; \quad \nu = 1/T, \quad (2.1.74)$$

gatnaşyklar arkaly baglanyşykdaýrlar.

### 2.1.21. Tolkunyň deňlemesi

Tekiz tolkunynyň  $x$  okuň ugruna ýaýramagyna seredeliň (2.1.28-nji surat). Yrgyldaýan nokadyň deňagramlyk halyna görä  $S$  orun üýtgetmesi  $t$  wagta we  $x$  koordinata, iki üýtgeýän ululyga  $S = f(t, x)$  baglydyr. Goý, tekiz tolkunynyň çeşmesi  $t=0$  başlangyç pursatda  $A$  nokatda ýerleşen bolsun. Eger  $x = 0$  halda tolkunynyň deňlemesi  $S = A \sin \omega t$



2.1.28-nji surat. Tekiz  
tolkunynyň ýaýramagy

(başlangyç fazasy nola deň bolan ( $\varphi=0$ ) garmoniki yrgyldy bolsa, onda  $\Delta t$  wagt aralygynda tolkunynyň fronty  $x = v_f \Delta t$  uzaklygy geçär we  $B$  nokatdaky yrgyldynyň fazasy  $\omega \Delta t$  ululyga yza galar. Ýagny  $B$  nokatdaky  $S_x$  orun üýtgetmäni

$$S_x = A \sin \omega(t - \Delta t) = A \sin \omega\left(t - \frac{x}{v_f}\right), \quad (2.1.75)$$

görnüşde ýazyp bolar. Indi  $\omega = 2\pi/T$  we  $\Delta t = x/v_f$  aňlatmalary hasaba alyp, 2.1.75-nji deňligi özgerdeliň:

$$S_x = A \sin\left(\omega t - \frac{\omega x}{v_f}\right) = A \sin 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right). \quad (2.1.76)$$

Bu ýerde  $v_f = \lambda / T$ .

Ýokarky 2.1.76-njy deňlikdäki  $1/\lambda$  gatnaşygy  $k$  bilen belläliň  $k = 1/\lambda$ . Ol  $k$  ululyga **tolkun sany** diýilýär. Bu deňlikden görnüşi ýaly tekiz togtamaýan tolkunynyň amplitudasy hemişelikdir. Bu nokatdaky yrgyldynyň fazasy onuň yrgyldynyň çeşmesinden ýerleşen daşlygyna baglydyr. Soňky (2.1.76-njy) deňlige laýyklykda  $B$  nokatdaky yrgyldy  $A$  nokatdaky yrgyldydan  $2\pi(x/\lambda)$  ululykda yza galma bilen gaýtalanar.

## 2.1.22. Tolkunlaryň interferensiýasy. Durujy tolkunlar

Iki we köp tolkunlaryň maýyşgak sredadaky goşulmagyna **tolkunlaryň interferensiýasy** diýilýär. Bu halda her tolkunynyň çeşmesinden gelýän yrgyldy beýleki çeşmelerden gelýän täsi-re baglanyşyksyzlykda sredanyň bölejikleriniň ornuny üýtgedýär. Sredanyň her bir bölejiginiň netijeýji orun üýtgetmesi aýry-aýry tolkunlaryň bu bölejigiň ornuny üýtgetmesiniň wektor jemi hökmünde kesgitlenilýär.

Tolkunlaryň interferensiýasynda sredanyň bölejikleriniň netijeýji hereketi goşulýjy yrgyldylaryň ýygylmagyna, amplitudasy-

na we başlangyç fazasyna baglydyr. Goşulyjy tolkunlaryň ýygylgy *birmeňzeş we sredanyň islendik nokadyndaky faza tapawudy hemişelik bolan tolkunlara **kogerent tolkunlar*** diýilýär. Interferensiýanyň has durukly şekiline kogerent tolkunlaryň goşulmagynda gözegçilik edip bolýar. Ýlgajy we serpigen tolkunlaryň goşulmagy kogerent tolkunlaryň goşulmagynyň hususy halydyr.

Deň amplitudaly gapma-garşy hereket edýän kogerent tolkunlaryň interferensiýasynda **durujy tolkun** döreýär. Biri-birine tarap hereket edýän iki tekiz tolkunynyň deňlemesini ýazalyň:

$$S_1 = A \sin\left(\omega t - \frac{2\pi x}{\lambda}\right); \quad S_2 = A \sin\left(\omega t + \frac{2\pi x}{\lambda}\right).$$

Interferensiýanyň netijesinde sredanyň  $x$  koordinataly bölejikleriniň netijeleyji orun üýtgetmesi  $S_1$  we  $S_2$  orun üýtgetmeleriniň jemine deňdir:

$$S = S_1 + S_2 = A \left[ \sin\left(\omega t - \frac{2\pi x}{\lambda}\right) + \sin\left(\omega t + \frac{2\pi x}{\lambda}\right) \right].$$

Bu aňlatmany trigonometrik özgertmäniň netijesinde:

$$S = 2A \cos \frac{2\pi x}{\lambda} \sin \omega t, \quad (2.1.77)$$

ýazyp bolar. Bu 2.1.77-nji aňlatma durujy tolkunynyň deňlemesidir. Ondan görnüşi ýaly, durujy tolkunynyň islendik nokadynda goşulyjy kogerent tolkunlaryň ýygylgy ýaly ýygylkly, amplitudasy:

$$A_{dur} = \left| 2A \cos \frac{2\pi x}{\lambda} \right|, \quad (2.1.78)$$

$t$  wagta baglanýyksyz  $x$  koordinatanyň funksiýasy bolan durujy tolkun alynýar.

Ahyrky deňlikden görnüşi ýaly  $\cos(2\pi x/\lambda)=1$ , ýagny koordinatalary  $2\pi x/\lambda = \pm n\pi$  ( $n = 0, 1, 2, \dots$ ) şert berjaý bolan nokatlarda durujy tolkunynyň amplitudasy özüniň maksimal  $A_{dur} = |2A|$  bahasyna eýe bolýar. Koordinatasy

$$x = \pm n \frac{\lambda}{2}, \quad (2.1.79)$$

ululyga deň bolan nokatlar **gürlük** atlandyrylýar.

Eger  $\cos(2\pi x/\lambda)=0$ , ýagny koordinatalary  $2\pi x/\lambda = \pm(n + 1/2)\pi$  şert berjaý bolan nokatlarda durujy tolkun özüniň iň kiçi  $A_{dur}$  amplitudasyňa eýe bolýar. Koordinatasy

$$x = \pm\left(n + \frac{1}{2}\right)\frac{\lambda}{2}, \quad (2.1.80)$$

ululyga deň bolan nokatlar **düwün** atlandyrylýar. Durujy tolkunda bu nokatlar hereket etmeýärler. Soňky (2.1.78) we (2.1.80) deňliklerden görnüşi ýaly, durujy tolkunynyň iki goňşy ýygylgyň ýa-da düwüniniň arasyndaky uzaklyk ýarym tolkun uzynlyga  $\lambda/2$  deňdir.

### 2.1.23. Ses tolkunlary

Maýýşgak sredada ýaýraýan we adamynyň eşidiş organy bilen eşidilmek mümkinçilikli (kabul edilýän) mehaniki yrgyldylara **ses tolkunlary** diýilýär. Fizikanyň sesi öwrenýän bölümüne **akustika** diýilýär. Adamynyň gulagy takmyn, 16 gersden ( $Gs$ ) 20 kilogerse ( $kGs$ ) çenli bolan yrgyldylary kabul etmäge ukyplydyr. Ýygylgy 16  $Gs$ -den kiçi bolan sesler **infra sesler**, 20  $kGs$ -den uly ýygylkylyk sesler bolsa **ultra sesler** atlandyrylýar.

Sesiň tolkun uzynlygy:

$$\lambda = \nu T = \frac{\nu}{\nu}, \quad (2.1.81)$$

deňlik bilen kesgitlenýär. Bu ýerde  $\lambda$ ,  $\nu$ -degişlilikde, sesiň tolkun uzynlygy we tizligi,  $T$  – yrgyldynyň periody we  $\nu$  – onuň ýygylgy.

Bu aňlatma boýunça 2.4.2-nji tablisadan peýdalanyp, sesiň  $0^\circ C$  temperaturada howadaky tizligini, sesiň aşaky we ýokarky ýygylky çäklerine degişli tolkun uzynlygyny  $\lambda = \nu/\nu$  deňlik boýunça  $\lambda_1 \approx 0,017 \text{ m}$  we  $\lambda_2 \approx 0,017 \text{ m}$  aralykdadygyny hasaplap bolar.

Ses tolkunlarynyň maýýşgak sredada ýaýramak tizligi sredanyň basyşyna, dykzylygyna, temperaturasyna we sredanyň maýýşgaklygyna baglydyr.

Gazlarda we suwuklyklarda sesiň ýaýraýyş tizligi:

$$\nu = \sqrt{\gamma \frac{P}{\rho}}. \quad (2.1.82)$$

Sesiň ýaýraýan sredasy	Ýaýraýyş tizligi, $m/s$
1	2
Howa ( $20^{\circ}C$ )	343
Howa ( $0^{\circ}C$ )	334
Agyz suwy ( $17^{\circ}C$ )	1450
Deňiz suwy ( $17^{\circ}C$ )	1500
Polat	5300
Demir ( $0^{\circ}C$ )	4900
Aýna ( $0^{\circ}C$ )	5600
Kömür turşy gaz ( $0^{\circ}C$ )	260
Wodorod ( $0^{\circ}C$ )	1280

Bu ýerde  $P$ -sredanyň basyşy,  $\rho$ -onuň dykyzlygy.  $\gamma=c_p/c_v$  – hemişelik basyşdaky udel ýylylyk sygymyň hemişelik göwrümdäki udel ýylylyk sygymyna gatnaşygy. Gazlarda we suwuklyklarda ýaýraýan sesler boý tolkunlarydyr. Wakuumda (aşa seýreklandirililen giňişlikde) ses tolkunlary ýaýramaýar. Ses tolkunlarynyň ýaýramagy üçin geçiriji sredanyň, ýagny sredada ses tolkunyny geçiriji bölekleriň bolmagy zerurdyr. Dürli hilli sredalar sesi birmeňzeş geçirmeýärler 2.1.2-nji tablisada dürli sredada sesiň ýaýraýyş tizligi getirilen.

#### 2.1.24. Sesiň serpikmegi

Ses tolkunynyň ýaýraýan ugrunda duş gelyän päsgelçilikler bilen özaratäsiriniň aýratynlygy päsgelçiligiň  $\Delta l$  galyňlygy bilen yrgyldynyň  $\lambda$  tolkun uzynlygy arasyndaky gatnaşyga baglydyr.

Eger päsgelçiligiň galyňlygy yrgyldynyň tolkun uzynlygyndan uly bolan ýagdaýynda ( $\Delta l > \lambda$ ) ses päsgelçilikden **serpigýär**. Bu

ýagdaýda ses tolkunynyň päsgeleşlikden serpikme burçy onuň päsgeleşligiň üstüne düşme burçuna deňdir.

Ses tolkunynyň uzynlygy päsgeleşligiň galyňlygy bilen ölçegdeş ( $\lambda \approx \Delta l$ ) bolan ýagdaýynda ol päsgeleşlikden sowlup geçýär. Muňa **sesiň difraksiýasy** diýilýär. Meselem, beýik haýadyň aňyrsyndaky sesleri adamlar eşidýärler. Ýagny agzalan şertde ses tolkunlary haýata degip, onuň ýokarsyndan eglip geçýär we adamynyň gulagyndaky perdejigi yrgyldadyp, eşidiş duýgusyny döredýär.

Sredada ýaýraýan ses tolkunynyň uzynlygy sesiň çeşmesiniň yrgyldy ýygylgyna we sesiň şol sredadaky ýaýraýyş tizligine baglydygy üçin 2.1.81-nji aňlatma boýunça haýsy sredada sesiň päsgeleşlikden serpigýändigini ýa-da ondan eglip geçýändigini hasaplap bolar.

Eger  $t=15^{\circ}\text{C}$  temperaturaly howada,  $v=20\text{ kGs}=2\cdot 10^4\text{Gs}$  (ultra-sesiň başlangyç çägi) ýygylkly ses tolkuny ýaýraýan bolsa, 2.1.81-nji deňleme boýunça onuň tolkun uzynlygynyň

$$\lambda = \frac{v}{\nu} = \frac{340\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}}{2\cdot 10^4\text{s}^{-1}} = 17\cdot 10^{-3}\text{ m} = 17\text{ mm}$$

deňdigini hasaplap bolar.

Adatça, sesiň ýaýraýyş ugrunda duşýan päsgeleşlikleriň (jaýlaryň diwarynyň, dürli jisimleriň) galyňlyklary sesiň hasaplanan tolkun uzynlygyndan has uludyr. Diýmek, hasaplanan ýygylkly ses tolkuny munuň ýaly galyňlykly päsgeleşlige duşanda ondan **zermal serpigýär**.

Gurşawda ýaýraýan ses tolkunynyň ýygylgy adamynyň gulagyňyň iň pes eşidiş çäğine, ýagny  $v = 20\text{Gs}$ -e deň bolanda, ses tolkunynyň uzynlygy

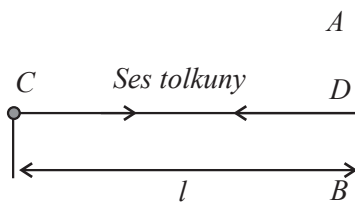
$$\lambda = \frac{340\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}}{20\text{s}^{-1}} = 17\text{ m},$$

deň bolýar. Bu şertlerdäki ses tolkuny päsgeleşlige duşanda, ondan eglip geçýär. Ýagny ses tolkunynyň difraksiýasy bolup geçýär.

Köplenç, durmuşda, ses tolkuny özüniň ýaýraýan ugruna perpendikulýar ýerleşen päsgeleşliklere degip, yzyna özüniň çeşmesine tarap serpigýär. Sesiň munuň ýaly serpikmegine **ýaň** diýilýär.

Adam özüniň gulagynyň perdejigine sesiň täsiri kesilenden soňra 0,1 sekundyň dowamynda onuň täsirini duýýar. Şonuň üçin hem adamynyň sesiň ýaňyny duýmagy üçin sesiň päsgelçilige çenli we oňa degip, yzyna gaýdyp gelmeginiň zerur wagtynyň dowamlylygy 0,1 sekuntan uly bolmaly däl.

Sesiň çeşmesinde duran adamynyň (2.1.29-njy surat) näçe metr uzaklykdaky päsgelçilikden serpigen sesiň ýaňyny eşitjekdigini hasaplalyň. Goý,  $C$  ses çeşmesi  $AB$  päsgelçilikden  $l = CD$  uzaklykda ýerleşen bolsun. Bu çyzgydan görnüşi ýaly  $C$  çeşmeden ses ugradylandan soňra  $AB$  päsgelçilige degip, ondan yzyna çeşmä dolanyp gelyänçä  $t = 2l/v$  wagt geçýär. Bu ýerde:  $v$  sesiň sredadaky ýaýraýyş tizligi. Bu deňlikden howada  $t = 15^\circ\text{C}$  temperaturada ýaňnyň eşidilmegi üçin päsgelçiligiň çeşmeden



2.1.29-njy surat. Ses tolkunynyň päsgelçilikden serpikmegi

$$l = \frac{vt}{2} = \frac{340\text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \cdot 0,1\text{ s}}{2} = 17\text{ m},$$

daşlykda bolmagy zerurdyr.

Bu usul deňizlerde ýüzýän gämileriň önünde duşýan päsgelçilikleri duýmak üçin gidrolokasiýada giňden ulanylýar.

Ýapyk otaglarda sesiň diwarlardan, potolokdan köp gezek serpikmegine duşulýar we sesiň çeşmesi özüniň yrgyldysyny togtandan soňra hem ol eşidilýär. Sesiň çeşmesiniň yrgyldysy togtandan soňra ýapyk jaýlarda eşidilmegine **rewerberasiýa** diýilýär. Bu halda sesiň çeşmesiniň yrgyldamagy togtandan soňra onuň energiýasynyň  $10^6$  esse azalma wagtyna **rewerberasiýa** (soňra seslenme) **wagty** diýilýär. Rewerberasiýa wagty köp bolan seslere serpigen sesler goşulýar. Netijede, ses ýaňlanýar. Ýygyllyklary özara deň bolan ses tolkunlary goşulanda olaryň fazalary deň nokatlarda, ses çürt kesik güýçlenýär. Bu hadysa **sesiň rezonansy** diýilýär. Bu hilli ses tolkunlarynyň fazalary garşylykly bolan nokatlarda ses düýpgöter ýitýär.

Sesleri öwrenmek ultra sesler we olaryň ulanylyşy bilen tamamlanylýar.

Ses tolkunlarynyň päsgelçilikden serpikmek usuly deňizlerde ýüzýän gämileriň önünde duşýan päsgelçilikleri duýmak üçin gidrolokasiýada giňden ulanylýar.

## **2.2. MEKDEPDE MOLEKULÝAR FIZIKANY ÖWRETMegiň USULÝETI**

### **2.2.1. Umumy orta we ýöriteleşdirilen mekdeplerde molekulýar fizikanyň mazmuny**

Umumybilim berýän orta mekdeplerde «Molekulýar fizika we termodinamika» dersi okuwyň I basgançagynda başlangyç düşünje hökmünde «Maddalaryň gurluşy barada başlangyç maglumatlar» bölümünde: jisim; madda; maddanyň gurluşy; molekulalar we olaryň hereketi; diffuziýa; molekulalaryň orta tizligi bilen temperaturanyň arasyndaky baglanyşyk; molekulalaryň arasyndaky özara täsirler; maddalaryň gurluşy barada molekulýar-kinetik düşüňjeler; maddalaryň dürli hallary we olaryň molekulýar gurluş esasynda düşündirilişi barada maglumatlar berilýär. Soňra «Ýylylyk hadysalary» boýunça termodinamikanyň başlangyç düşüňjeleri bolan: ýylylyk hereketi; içki energiýa we onuň üýtgeýşi; ýylylyk geçirijiligiň dürli görnüşleri; ýylylyk mukdary; udel ýylylyk düşüňjeleri bilen başlanýar. Soňra kristal amorf jisimler we olaryň esasy häsiýetleri; bugarma we kondensasiýa; gaýnama, onuň temperaturasynyň atmosfera basyşyna baglylygy oňnositel absolýut çyglylyk; tebigatda we tehnikada ýylylyk hadysalary; ýylylyk hereketlendirijiler; içinden ýandyrylýan hereketlendirijiler sredalary öwretmek bilen tamamlanylýar. Şeýdip, okuwçylara okuwyň I basgançagynda «molekulýar fizikanyň we termodinamikanyň» esasy düşüňjelerini öwretmegiň yzygiderligi amala aşyrylýar.

Soňra «Molekulýar fizikany» öwretmek okuwyň II basgançagynda dowam etdirilýär. Bu synpda molekulýar-kinetik nazaryýetiň esasy düşüňjeleri we ondan gelip çykýan meseleler bolan ideal (hyýaly) gazyň kanunlary; suwuklyklaryň üst dartylmasy; kapilýar hadysalar; ýene-de kristal amorf jisimlere seredilýär. Soňra deforma-



siýa we onuň görnüşleri, tehnikada ulanylyşy öwredilýär. Bu bölümden soňra «Termodinamikanyň esaslary» boýunça maglumat öwretmek bilen bu kurs tamamlanylýar. Şunlukda, umumybilim berýän orta mekdeplerde molekulýar fizika we termodinamikany öwretmek tamamlanylýar.

Ýöriteleşdirilen synplar üçin fizika okuw dersinden aýratyn özbaşdak tassyklanýan okuw maksatnamasy ýok. Ol synplarda-da fizika okuw dersi umumybilim berýän mekdepleriň maksatnamalary boýunça, ýöne açylyp görkezilýän temalar çuňlaşdyrylyp öwredilýär.

### **2.2.2. Molekulýar-kinetik nazaryýetiň esaslarynyň derňewi we öwrediliş usulyýeti**

Bu bölüm öwredilip başlanylanda okuwçylara atom, molekula laryň ölçegleri, molekulýar-kinetik nazaryýetiň esaslanýan faktorlary öwredilýär. Soňra Broun hereketi we molekulalaryň tizlikleri boýunça paýlanyşlary, gazlaryň düzümi bölekleri, ölçegleri barada düşünje berilýär.

Molekulýar fizika öwredilip başlanylanda maddanyň mukdaryny kesgitleýji ululyk hökmünde molýar massa düşüňjesi girizilýär we Awogadronyň sany barada

$$N_A = \frac{N}{\nu} = \frac{12g}{m_{12C}} \frac{1}{mol} = \frac{0,012 kg}{1,995 \cdot 10^{-26} kg \cdot mol} \frac{1}{mol} = 6,023 \cdot 10^{23} mol^{-1}$$

düşünje berilýär.

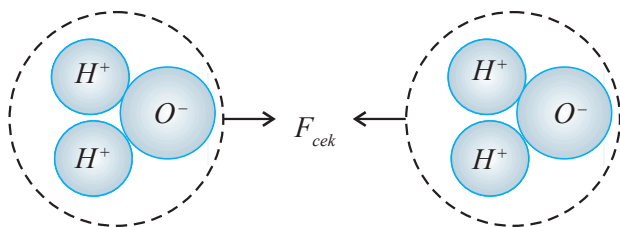
Molekulalaryň özaratäsir güýçleri laryň arasyndaky uzaklygyň azalmagy bilen itekleşme häsiýetine eýe bolýandyklary barada maglumat berilýär. Gaty jisimleri gysmaklygynyň olary düzyän molekulalaryň ýakyn aralyklarda itekleşme häsiýetine eýe bolmaklary bilen düşündirilýär.

Gazlaryň molekulalarynyň arasyndaky özaratäsir güýçleriniň barlygyny ilkinjileriň hatarynda niderland fizigi Wan-der Waals XIX asyryň ortalarynda belläp geçipdir. Ol molekulýar güýçleriň itekleşme ýa-da çekişme häsiýetleriniň ýüze çykyş şertleri barada takyk maglumat bermedigem bolsa, bu güýçleriň ýakyn aralykda itek-

leşme we molekulalaryň aradaşlygynyň artmagy netijesinde haýallyk bilen azalyp, ýeterlik uly aralykda çekişme häsiýete geçýändigini anyk aýdypdyr. Molekulalaryň arasyndaky özara täsir güýçlerini ilkinjileriň hatarynda öwrenen alymyň hormatyna oňa **Wan-der Waals güýçleri** hem diýilýär.

Bu ýerde molekulalaryň arasyndaky *özaratäsir güýçleriň elektromagnit tebigatynyň bardygy* XX asyrdaky alymlar tarapyndan anyklanylandygyny ýatlatmaly.

Molekulalar elektrik taýdan bitarap atomlardan ybaratdyrlar. Ýöne käbir molekulalaryň meselem, suwuň molekulalary agyrylyk merkezleri biri-birine gabat gelmeýän wodorodyň položitel we kislorodyň otrisatel ionlaryndan ybarat. Käbir ölçeglerde bu ionlary özara berk baglanyşykly  $+q$  we  $-q$  nokatlanç zarýadlar toplumy, ýagny elektrik dipoly hasaplap bolar. Munuň ýaly molekulanyň elektrik häsiýetnamasy bolup, onuň  $p=ql$  **dipol momenti** hyzmat edýär. Bu ýerde  $q$ - molekulanyň (dipolyň) haýsy hem bolsa bir zarýadynyň absolýut ululygy,  $l$ - molekulanyň položitel we otrisatel zarýadlarynyň agyrylyk merkezleriniň arasyndaky uzaklyk (dipolyň egni). Iki goňşy molekula uzak aralykda bolanda özläriniň dürli atly zarýadlary bilen biri-birine bakyp çekişme (2.2.1-nji surat), häsiýete eýe bolýarlar.



2.2.1-nji surat. Molekulalaryň çekişme güýçleriň döreýşi

Giňişlikde suwuň molekulalary ýaly ýerleşip, özara täsirleşýän güýçlere  **$F_g$  gönükdirilen güýçler** diýilýär. Bu güýçler molekulalaryň  $p_1$  we  $p_2$  dipol momentleriniň köpeltmek hasylyna göni we olaryň arasyndaky uzaklygyň ýedinji derejesine ters baglydyr:

$$F_g \sim \frac{p_1 p_2}{r^7}. \quad (2.2.1)$$

Käbir halatlarda elektrik taýdan bitarap molekula özüniň düzümindäki položitel zaryadyň agyrlyk merkeziniň daşynda aýlanma hereket edip polýarlanýar. Munuň ýaly molekulalaryň arasyndaky özaratäsir güýç çekişme häsiýete eýedir. Bu güýjüň elektrostatik täsir esasynda döreýändigini üçin oňa  $F_{ind}$  **induksiýa** ýa-da **polýarlanma güýji** diýilýär. Onuň ululygy polýar molekulanyň  $p$  dipol momentiniň polýar däl molekulalaryň  $\alpha$ -polýarlanma koeffisiýentine köpeltmek hasylyna göni we molekulalaryň arasyndaky uzaklygyň ( $r^7$ ) ýedinji derejesine ters baglydyr:

$$F_{ind} \sim \frac{p\alpha}{r^7}. \quad (2.2.2)$$

Gözegçiliklerden we tejribelerden mälim bolşy ýaly, inert gazlarynyň atomlarynyň arasyndaky ýaly polýar däl molekulalaryň arasynda hem özara çekişme güýçleriň ýüze çykyandygy anyklandy. Umuman atomyň elektronlary elmydama ýadronyň töwereginde juda çylşyrymly hereketdedirler we atomyň wagt birligindäki ortaça dipol momenti nola deňdir. Emma atomyň elektronlarynyň her bir wagt pursadynda ýadronyň daşyndaky giňişlikde bolmak ähtimallygynyň dürli bolmagy sebäpli käbir pursatlarda atomyň dipol momenti noldan tapawutlanýar. Munuň ýaly pursatlarda dipollar biri-biri bilen elektromagnit özaratäsirleşýärler.

Kwant mehanikasynyň çäklerinde geçirilen hasaplamalara laýyklykda bu hili sebäplere görä ýüze çykyan özara çekişme güýçlerine  $F_d$  **dispersiýa güýçleri** diýlip atlandyrylýar we ol:

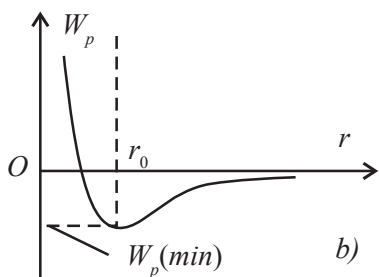
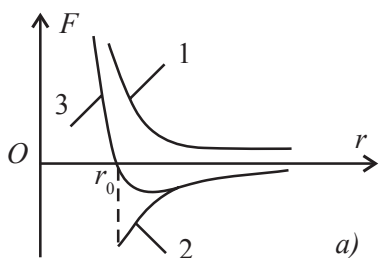
$$F_d \sim \frac{\alpha_1 \alpha_2}{r^7}, \quad (2.2.3)$$

baglylyk bilen aňladylýar. Bu ýerde  $\alpha_1$  we  $\alpha_2$  – degişlilikde, molekulalaryň polýarlanma koeffisiýentleri.

Dispersiýa güýçleri hemme atomlaryň we molekulalaryň arasynda döreýär.

Ýokarda agzalan hemme üç görnüşdäki molekulýar güýçler hem uzaklygyň  $1/r^7$ -e baglylykda kemelýärler.

Iki goňşy molekulanyň agyrlyk merkezleriniň arasyndaky uzaklyk has kiçelende olaryň özara dartylma güýçleri itekleşme häsiýete eýe bolýar. Molekulalar bir-birine ýakynlaşanlarynda onuň düzümi-



2.2.2-nji suratda. Molekulalaryň arasyndaky: a) özaratäsir güýçleriniň; b) potensial energiýasynyň molekulalaryň arasyndaky uzaklyga baglylygy

ne girýän atomlaryň in daşky-walent elektronly gabyklary biri-biriniň üstüne bölekleyin düşýär. Bu halda her bir molekulanyň aýratynlyk häsiýeti olaryň ýeterlik uly özara daşlygyndaka garanynda has aýdyň bildirýär we öňki özara itekleşme güýçler çekişme häsiýete eýe bolýarlar. Molekulalar özara ýakynlaşanlarynda itekleşme  $F_i$  güýçleri

$$F_i \sim \frac{1}{r^{13}}, \quad (2.2.4)$$

kanun boýunça artýar.

Molekulalaryň arasyndaky itekleşme güýçleri položitel, çekişme güýçleri bolsa otrisatel hasaplanylýar. Bu güýçleriň molekulalaryň arasyndaky  $r$  uzaklyga baglylykda üýtgemegi (2.2.2-nji suratda) görkezilen. Bu (2.2.2-nji a suratda) deňişlilikde, 1-nji itekleşme, 2-nji

çekişme güýçleri we 3-nji çyzyk bolsa bu güýçleriň deňtäsi redijisidir.

Molekulalaryň özaratäsirine olaryň potensial energiýalary boýunça baha bermek has amatlydyr. Bu maksat bilen (2.2.2-nji b suratda) iki molekulanyň özaratäsiriniň potensial energiýasynyň olaryň arasyndaky  $r$  uzaklyga baglylygy getirilen. Biri-birinden ýeterlik uzaklykda ýerleşen iki molekuladan ybarat sredanyň özara täsiriniň potensial energiýasy nola deň hasaplanylýar. Molekulalar özara ýakynlaşyp başlanlarynda dartylyma güýç položitel işi ýerine ýetirýär. Bu halda sredanyň öňki eýe bolan otrisatel potensial energiýasy azalyp ugraýar w  $r = r_0$  şertde ol özünüň in kiçi  $W_{p(min)}$  potensial energiýasyna deňleşýär. Molekulalaryň özara ýakynlaşmagy dowam etse, olaryň arasynda otrisatel işi ýerine ýetirýän itekleşme güýç agdyklyk edip başlaýar. Bu halda sredanyň potensial energiýasy artýar.

### 2.2.3. Ideal (hyýaly) gazyň modeli. Ideal gazyň molekulýar-kinetik nazaryýetiniň esasy deňlemesi

**1. Ideal gazyň modeli.** Gazyň häsiýeti öwrenilende, adaty, ol ýönekeýleşdirilen model bilen çalşyrylýar. Soňra oňa ideal (hyýaly) gaz diýip, at berilýär. Ideal gazda:

- molekulalar tertipsiz haotik hereketdedirler;
- molekulalaryň gabyň diwary bilen we özaratäsiri maýyşgakdyr;
- aýratyn molekulalaryň hereketleri nusgawy mehanikanyň kanunlaryna boýun egýär;
- molekulalaryň hususy göwrümi nola deň bolup, olar özlerini maddy nokat hökmünde alyp barýarlar.

Gazyň munuň ýaly modeli, adaty, atmosfera basyşyna golaý basyşly bir atomly, takmyn,  $-200^{\circ}C$  temperaturadan birnäçe mň gradusa çenli temperaturasy bolan gaza kybapdaşdyr.

Gazyň molekulalarynyň tertipsiz hereket edýändikleri üçin olaryň  $x, y, z$  oklar boýunça eýe bolýan tizlikleriniň položitel we otrisatel bahalary deňähtimallydyr we olar özara deňdirler ( $\langle v_{ix} \rangle = \langle v_{iy} \rangle = \langle v_{iz} \rangle$ ). Tizlikleriň orta bahalarynyň kwadratlarynyň proyeksiýalary  $i$ -nji molekula üçin:

$$v_i^2 = v_{ix}^2 + v_{iy}^2 + v_{iz}^2.$$

Bu ýerde tizligiň kwadratynyň orta bahasynyň kesgitlemesine laýyklykda:

$$\begin{aligned} \langle v^2 \rangle &= \frac{\sum_i v_i^2}{N} = \frac{1}{N} \sum_i (v_{ix}^2 + v_{iy}^2 + v_{iz}^2) = \\ &= \langle v_x^2 \rangle + \langle v_y^2 \rangle + \langle v_z^2 \rangle. \end{aligned} \quad (2.2.5)$$

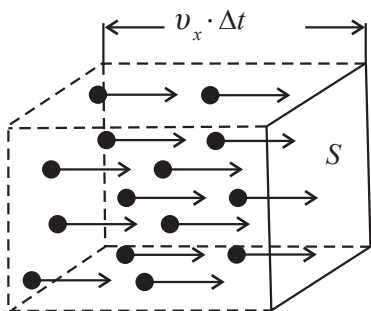
Ideal (hyýaly) gazyň molekulalarynyň  $x$  ok boýunça tizlikleriniň deňähtimallygy sebäpli

$$\langle v_x^2 \rangle = \langle v_y^2 \rangle = \langle v_z^2 \rangle,$$

şonuň üçin hem islendik koordinat ok boýunça molekulalaryň orta kwadrat tizligi molekulanyň orta kwadrat tizliginiň üçden birine deňdir:

$$\langle v_x^2 \rangle = \frac{\langle v^2 \rangle}{3}, \quad \langle v_y^2 \rangle = \frac{\langle v^2 \rangle}{3}, \quad \langle v_z^2 \rangle = \frac{\langle v^2 \rangle}{3}. \quad (2.2.6)$$

**2. Ideal gazyň molekulýar-kinetik nazaryýetiniň esasy deňlemesi.** Bu deňlemäni getirip çykarmak üçin massasy  $m$ ,  $N$  sany özara deň molekulalardan ybarat bolan ideal gaz  $V$  göwrümlü gaby eýeleýär



2.2.3-nji surat. Gabyň içindäki ideal gazyň molekulalarynyň modeli

hasaplalyň (2.2.3-nji surat). Gazyň bir molekulasyň gabyň diwaryna her bir urguda berýän impulsy onuň normal düzüjisiniň üýtgemegine deňdir. Ýagny impulsyň  $x$  ok boýunça düzüjisi  $mv_x$  bolan molekula diwara perpendikulýar urlup, maýyşgak yzyna serpilýär we özüniň impulsyň alamatyny üýtgedip, diwara  $2mv_x$  mukdarda impuls berýär.

Islendik  $\Delta t$  wagt aralygynda gabyň  $S$  diwaryna onuň  $V = v_x \Delta t S$  göwrümünde bar bolan  $N = nV = nSv_x$

$\Delta t$  molekulalaryň ýarysy diwara tarap, ikinji ýarysy bolsa diwardan garşylykly tarapa hereket edýärler. Şonuň üçin hem bir diwara impuls bermäge gatnaşýan molekulalaryň sany  $nSv_x \cdot (\Delta t/2)$ -dir.

Diýmek, molekulalaryň  $\Delta t$  wagt aralygynda gabyň iki garşylykly diwaryna berýän impulsy onuň bir diwara mysal üçin,  $x$  okuň ugruna perpendikulýar bolan diwarlaryň birisine berýän impulsyň iki esesine deňdir:

$$\Delta K_x = (2mv_x) \left( \frac{nSv_x \Delta t}{2} \right) = nSmv_x^2 \Delta t. \quad (2.2.7)$$

Ýa-da impulsyň saklanma kanunyna laýyklykda  $\Delta K_x = F_x \Delta t$ , bu ýerde  $F_x$  gabyň  $S$  diwaryna molekulalaryň perpendikulýar ugurdaky täsir güýji. Onda molekulalaryň gabyň diwaryna edýän basyşy:

$$p = \frac{F_x}{S} = nmv_x^2.$$

Indi (2.1.10-njy) aňlatmany hasaba alyp,

$$p = \frac{1}{3}nm \langle v^2 \rangle = \frac{2}{3}n\left(\frac{1}{2}m \langle v^2 \rangle\right) = \frac{2}{3}n \langle W_k \rangle, \quad (2.2.8)$$

ideal gazyň molekulýar – kinetik nazaryýetiniň deňlemesiniň aňlatmasy getirilip çykaryldy.

#### 2.2.4. Temperatura düşünjesiniň derňewi we öwrediliş usulyýeti

Temperatura düşünjesiniň fizika girizilmegi ýylylyk hadysalaryny öwrenmegiň pajarlap ösmegine getirdi. Bu parametr özüniň tutýan orny boýunça örän wajypdyr. Bu düşünjäni mekdep okuwçylaryna owretmek üçin başda olary termodinamik deňagramlyk düşünje bilen tanyşdyrmaly.

Eger şol bir sistema girýän iki jisimde özara ýylylyk alyş-çalşy bolmaýan bolsa onda, ol jisimler ýylylyk deňagramlykdadyrlar. Elmydama ýylylygy uly jisimden ýylylygy kiçi jisime tä olaryň ýylylyk derejesi deňleşýänçä ýylylyk mukdary geçýär.

Eger iki sistema üçünji sistema bilen ýylylyk deňagramlylykda bolsa, onda olaryň üçüsi hem biri-biri bilen ýylylyk deňagramlylykdadyrlar. Diýmek, *ýylylyk deňagramlylykdaky sistemalar deň temperaturadadyrlar. Ýylylyk ýa-da termodinamiki deňagramlyk diýip, makroskopik kesgitleýji ululyklaryny (parametrlerini) islen-dik uzak wagtlap üýtgetmän saklaýan sistemalara aýdylýar.*

Temperatura sistemanyň ýylylyk deňagramlyk halyny, onuň içki energiýasynyň üýtgemegini häsiýetlendiriji funksiýa hökmünde fizika girizilen ululykdyr. Jisimiň temperaturasyny deňeşdirer ýaly, onuň etalonyny (nusgasyny) saklamak mümkinçiligi ýok. Temperaturany diňe maddalaryň gyzgynlykdan deňölçegli üýtgeýän kesgitleýji häsiýetleri boýunça deňeşdirip, ölçäp bolýar.

Ilkinjileriň hatarynda G.Galileý, takmynan, 1597-nji ýylda temperaturany ölçemek üçin termoskop ýasapdyr. Bu abzal örän sadaja ýönekeý görnüşli bolan hem bolsa, ol temperaturanyň ýokarlanmagyny we aşaklanmagyny aňmaklyga mümkinçilik beripdir. Alymlar Galileýiň termoskopyny kämilleşdirmek üçin örän köp çemeleşipdirler. Ýöne olaryň hödürlän termometrleriniň umumy şka-

lasy bolmandygy üçin olaryň her biri öz temperaturasyny görkezipdir. Diňe 1724-nji ýylda nemes fizigi Gabriel Farengeýte (1686–1736) ýokarky we aşaky çägi bellenen simaply termometri ýasamaklyk başardypdyr.

Termometriň ýasalmagy, temperaturanyň ölçenip bilinmegi ylym üçin ägirt uly açyşdyr. Sebäbi ol ýylylyk hadysalaryny ölçemek mümkinçiligini döredýär we Halkara ölçegler birliginde fiziki hadysalaryň esasy dördünji kesgitleýji parametri bolan temperaturany girizmekligiň başlangyjyny goýýar.

Termometr ýasalanda aýna kapillýarlara göwrümi temperatura çyzykly baglylykda üýtgeýän suwuklyk guýulýar. Durmuşda giňden ulanylýan **simaply termometr** aşaky hem-de ýokarky daýanç nokady belli bolan we olaryň arasyndaky uzaklyk deň bölege bölünen şkalaly içine simap guýlan aýna kapillýardan ybaratdyr. Bu hilli termometriň şkalasynyň – bölümleriniň bahalaryny kesgitlemek üçin başda ony eräp duran buzly suwa batyryp, simabyň beýiklik derejesi durgunlaşandan soňra ony  $0^{\circ}\text{C}$  bilen belleniýär. Soňra bu termometri bir atmosfera basyşda gaýnap duran suwa batyryp, simap sütüniniň ýokary galmagyny bes eden beýikligi  $100^{\circ}\text{C}$  bilen belleniýär. Alnan iki daýanç nokadyň arasy özara deň 100 bölege bölünýär. Şeýle edip,  $100^{\circ}\text{C}$  temperaturany ölçemäge ukyply simaply termometr ýasalýar.

Bu *termometr suwuklyklaryň temperaturasyny ölçemek üçin has amatlydyr.*

**Gaty jisimleriň temperaturasyny ölçemek üçin termoparalar ulanylýar.** Termoparalar hromel- alýumel, mis- konstantan, mis-kopel we ş.m. jübüt simden ýasalýar. **Termopara** deň diametrli iki dürli metal simden iki ujy hem kebşirlenip ýasalan gurluşdyr. Gaty jisimleriň temperaturasy ölçenilende termoparanyň başjagazy (bir ujy) temperaturasy kesgitleniljek metalyň daşky üstünde ýitije predmet bilen onuň ýukajyk gatlagy galdyrylýar we onuň aşagyna oturdylýar. Termometriň ikinji başjagazy temperaturasy hemişelik, meselem, eräp duran buzly termosyň içinde saklanylyp, termoparanyň uçlarynda  $\Delta T$  temperaturanyň tapawudy döremegi bilen, onda  $\varepsilon = \alpha_{AB} \Delta T EHG$  döreýär. Muny dürli temperatura üçin  $\varepsilon = f(T)$  grafik gurup ulanylýar.



Mekdep okuwçylaryna temperaturanyň Selsiý şkalasy öwredilenden soňra onuň absolýut şkalasyny öwretmek üçin gaz termometri barada maglumat bermeli.

**Absolýut temperatura.** Termometr ýasalanda onuň işçi jisimi hökmünde alnan maddanyň häsiýeti temperaturanyň ýeterlik uly araçäginde bir hilli bolmagy zerurdyr. Munuň ýaly, termometrik jisim hökmünde ideal (hyýaly) gaz alnyp, *gaz termometri* ýasalýar. Bu termometrde gazyň hemişelik göwrümünde temperaturanyň üýtgemegi onuň basyşynyň üýtgemegi bilen kesgitlenilýär. Ideal gaz üçin  $\frac{p}{V} = \text{hemişelik}$  gatnaşyk takyk ýerine ýetýär.

Eger gaz termometrini başda bir atmosfera basyşda gaýnap duran suwa, soňra bolsa, eräp duran buza çümdürip, iki halda hem gazyň basyşynyň gatnaşygy alynsa, ol 1,3661-e deň bolar ( $p/p_0 = 1,3661$ ). Tejribeden we nazaryýetden mälim bolşy ýaly, gazyň basyşlarynyň gatnaşygy olaryň degişli temperaturalarynyň gatnaşygy ýalydyr ( $p/p_0 = T/T_0$ ). Bu iki ölçegiň aralygyny hem edil simaply termometr ýasalandaky ýaly deň 100 bölege bölmeli. Gaýnan suwuň temperaturasyny  $T$ , oňa degişli basyşy  $p$ , ereýän buzuň temperaturasyny  $T_0$  we basyşyny  $p_0$  bilen belläp,  $T - T_0 = 100$  alarys, şeýlelikde,  $T = T_0 + 100$ . Temperaturany onuň degişli basyşy bilen baglanyşdyryp bolar:

$$\frac{p}{p_0} = \frac{T_0 + 100}{T_0} = 1 + \frac{100}{T_0}. \quad (2.2.9)$$

Öň bellenilişi ýaly,  $p/p_0 = 1,3661$ , onda ýokardaky deňligi  $1,3661 = 1 + \frac{100}{T_0}$  ýa-da  $0,3661 \cdot T_0 = 100$  ýazyp bolar. Bu ýerden bolsa  $T_0 = \frac{100}{0,3661} = 273,15$ . Bu temperatura absolýut nol gradus ( $T_0 = 273,15 \text{ K}$ ) diýilýär we temperaturanyň bu şkalasyna ol ölçegi girizen alymyň hormatyna absolýut ýa-da *Kelwin şkalasy* diýilýär. Bu şkala boýunça temperatura  $T$  harpy bilen bellenilýär.

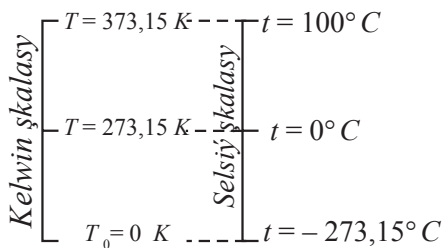
1954-nji ýylda ölçegler we agram boýunça X General konferensiýada *termodinamiki şkalanyň hasap nokady hökmünde suwuň üç hal nokadyna degişli temperatura* kabul edildi. Bu suwuň, buzuň we olaryň doýgun bugunyň biri-biri bilen deňagramlyk halyna degişli temperaturadyr. *Suwuň üç hala degişli ýeke-täk basyşynyň we*

temperaturasynyň bolmagy ony termodinamiki şkalada hasap nokady hökmünde kabul etmäge mümkinçilik berýär. Üçhal nokada degişli temperatura 273,16 K. Bu şkala absolyút şkala diýip atlandyrylýar. Selsiý şkalasy boýunça bu nokat 0,01° C temperatura laýykdyr.

Adatça, Kelwin şkalasy bilen Selsiý şkalasynyň arasyndaky tapawut 273,15 deň edilip:

$$T = 273,15 + t^{\circ} C, \quad (2.2.10)$$

görnüşde alynýar. Absolyút we Selsiý şkalalaryň arasyndaky de-



2.2.4-nji surat. Kelwin we Selsiý şkalalaryň ekwiwalentligi

gişlilik (2.2.4-nji) suratda görkezilen. Bu çyzgydan görnüşi ýaly, absolyút şkalanyň minusy ýokdur.

Iş ýüzünde absolyút nol temperaturany alyp bolanok. Häzirki zaman tehnikalary bilen absolyút nol temperaturadan 0,00001 K gradus uly temperatura ýetmeklik başaryldy. Gaz

termometrleri iş ýüzünde (praktikada) ulanmaklyga juda amatsyz bolany üçin olar diňe nusga hökmünde saklanylýar.

## 2.2.5. Temperatura molekulalaryň orta kinetik energiýasynyň ölçegidir

Ideal (hyýaly) gazlaryň ýylylyk deňagramlylyk halynyň şertine laýyklykda iki sany ýylylyk deňagramlylykdaky gaz sistemasy (haýsy gazdygyna baglanyşyksyzlykda) olar deň temperaturadadyrlar ( $T_1 = T_2$ ). Diýmek, ýylylyk deňagramlylykdaky gaz sistemalarynyň molekulalarynyň orta kinetik energiýasy hem özara deň bolmaly ( $\langle W_{k1} \rangle = \langle W_{k2} \rangle$ ). Ideal gazyň molekulýar-kinetik nazaryýetiniň deňlemesine laýyklykda:

$$\frac{2}{3} \langle W_k \rangle = \frac{p}{n} = \frac{pV}{N}, \quad (2.2.11)$$

ýazyp bolar.

Ýylylyk deňagramlylyk ýerine ýetýän ýagdaýynda gazlaryň diňe bir temperaturasy däl, onuň basyşy we dykzlygy hem birmeňzeşdir. Diýmek, geçirilen tejribeleriň esasynda *gazlaryň molekulasyň orta kinetik energiýasy olaryň temperaturasy kesgitleýji* parametrdir diýip, netije çykarmaga mümkinçilik berýär. Daşky sreda ýeterlik izoterma halda saklansa ( $T=\text{hemişelik}$ ), 2.2.11-nji aňlatmadaky  $\frac{pV}{N}$  gatnaşyk hemme ideal gazlar üçin birmeňzeşdir. Şonuň üçin ony  $\frac{pV}{N} = \theta$  bilen bellenilýär. Bu  $\theta$  ululyk gazyň absolýut temperaturasyna göni baglydyr. Has takygy  $\theta = kT$ , onda,  $p = \theta \frac{N}{V} = nkT$  ýazyp bolar. Ölçeğleriň Halkara sistemasynda  $\theta$  Joullarda hasaplanylýar  $[\theta] = [J]$ .

Ýokardakylary göz önünde tutup, 2.1.11-nji aňlatmany aşakdaky ýaly ýazyp bolar:

$$\langle W_k \rangle = \frac{3}{2} kT. \quad (2.2.12)$$

Bu ýerde  $k$  Bolsmanyň hemişeligi. Diýmek, 2.2.12-nji deňlikden görnüşi ýaly, ideal gazyň molekulalarynyň ***temperaturasy onuň orta kinetik energiýasynyň ölçegidir.***

Şonuň ýaly hem, 2.2.11-nji we 2.2.12-nji deňlikleriň esasynda

$$p = nkT. \quad (2.2.13)$$

Bu (2.2.12) we (2.2.13) deňliklerden görnüşi ýaly, gazyň temperaturasy näçe uly bolsa, onuň molekulalarynyň tizligi we gabyň diwaryna edýän basyşy şonça hem uludyr.

Gazyň molekulasyň öňe hereketiniň orta kinetik energiýasynyň we diwara edýän basyşynyň temperatura baglylyk aňlatmalary seýreklandirilgen gazlar üçin çykaryladygyna garamazdan ol molekulalaryň ýa-da atomlarynyň hereketi Nýutonyň kanunyna boýun egýän islendik haldaky maddalar üçin ulanyp bilner. Ol atomlary deňagramlylyk halynyň ýa-da kristal gözenegiň düwüniniň töwereginde diňe garmoniki yrgyldyny ýerine ýetirmäge ukyply bolan suwuklyklar we gaty maddalar üçin dogrudyr.

Bu deňlikden görnüşi ýaly, gazyň temperaturasyň absolýut nola golaýlaşmagy molekulalaryň ýylylyk hereketiniň energiýasynyň

hem nola golaýlaşmagyny aňladýar. Ýöne kwant fizikasynyň kanunlaryna laýyklykda absolýut nol temperaturada bölejikleriň hereketi minimum energiýa laýyk gelýär. Diýmek, absolýut nol temperaturada molekulalaryň hereketi düýbünden kesilýär diýmek, juda takyk däl. Sebäbi, absolýut nol temperatura golaýlaşylanda atomlaryň we molekulalaryň hereketleri Nýutonyň kanunlaryna boýun egmän başlaýarlar. Onda iň kiçi, ýagny absolýut nola örän golaý temperaturada hem molekulalaryň ýylylyk hereketi düýpden kesilýär hasaplaman, minimum kinetik energiýa laýyk gelýär hasaplanylsa takyk bolar.

### 2.2.6. Bolsmanyň hemişeliginiň fiziki manysy. Loşmidtiiň sany

Molekulýar fizikada  $R$  uniwersal gaz hemişeliginiň  $N_A$  Awo-gadronyň hemişeligine (sanyna) bolan gatnaşygyna görnükli awstriýaly fizik, molekulýar-kinetik nazaryýetiň esasyny goýujylaryň biri Lýudwig Bolsmanyň hormatyna ***Bolsmanyň hemişeligi*** atlandyrylýar we  $k$  harpy bilen belenenilýär.

Bolsmanyň hemişeliginiň san bahasy

$$k = \frac{R}{N_A} = \frac{8,31 \frac{J}{K \cdot mol}}{6,02 \cdot 10^{23} mol^{-1}} = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{J}{K}. \quad (2.2.14)$$

Bu 2.2.14-nji deňlik Bolsmanyň hemişeliginiň san bahasyny aňlatmagyna garamazdan, ol onuň fiziki manysyny doly açyp görkezmeýär.

Bolsmanyň hemişeliginiň fiziki manysyna has aýdyňrak düşünmek üçin, hemme ideal gazlar üçin hemişelik bolan  $pV/N = \theta$  ululygy 2.2.14-nji aňlatma bilen deňeşdirip,  $\theta = kT$ , ýazyp bolar. Bu ýerde  $\theta$ -energiýa birligi bolan Joullarda hasaplanylýan temperatura. Ol gazyň graduslarda aňladylan temperaturasy bilen Bolsmanyň hemişeligi arkaly baglanyşykdaýr:

$$k = \frac{\theta}{T}. \quad (2.2.15)$$

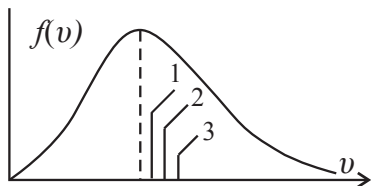
Diýmek, ***Bolsmanyň hemişeligi energiýa birliginde aňladylan temperatura bilen graduslarda aňladylan temperaturany özara birikdiriji hemişelikdir.***

**Loşmidtñ sany.** Bolsmanyñ hemişeligi kesgitlenenden soňra normal (kadaly) şertlerdäki ( $T_0=273,15\text{ K}$ ,  $p_0=1\text{ atm}=101325\text{ Pa}$ ) gazyñ  $1\text{ m}^3$  göwrümindäki molekulalarynyñ sanyny hasaplamaga mümkinçilik döredi. Bu hemişelige ony ilkinji bolup hasaplan awstriýa fizik Iogan Ýozef Loşmidtñ (1821–1895) hormatyna Loşmidtñ sany diýilýär ( $N_L$ ). Loşmidtñ sany:

$$N_L = \frac{p_0}{kT_0} = \frac{101325}{1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 273,15} = 2,68804 \cdot 10^{25} \text{ m}^{-3}.$$

Diýmek, Loşmidtñ sany kadaly şertde gazyñ  $1\text{ m}^3$  göwrümünde  $2,68609 \cdot 10^{25}$  molekulalaryñ toplanandygyny aňladýar.

Soňra okuwçylara ideal gazyñ molekulalarynyñ tizlikleri boýunça Makswelliñ  $f(v) = Ae^{-\frac{m_0 v^2}{2kT}}$  paýlanyş funksiýasyny we onuñ grafigin (2.2.5-nji surat) düşündirmeli. Bu çyzgydan görnüşi ýaly, paýlanyş funksiýasynyñ iň uly bahasyna degişli (1 – bilen bellenen) tizligiñ  $v_{\text{äht}}$ -ähtimal, ondan sagyrakda ýerleşen (2 – bilen bellenen) orta arifmetik  $\langle v_a \rangle$  we ondan hem sagyrakda (3 – bilen bellenen) orta kwadrat  $\langle v_{kw} \rangle$  tizlikdigini okuwçylara düşündirmeli. Okuwçylar bu grafikden agzalan tizlikleriñ arasyndaky  $v_{\text{äht}} < \langle v_a \rangle < \langle v_{kw} \rangle$  paýlanyş tertibine baha berip bilmeli.



2.2.5-nji surat. Paýlanyş funksiýasynyñ molekulalaryñ tizliklerine baglylygy

Soňra fizika mugallymy molekulalaryñ ähtimal

$$v_{\text{äht.}} = \sqrt{\frac{2kT}{m_0}}, \quad (2.2.16)$$

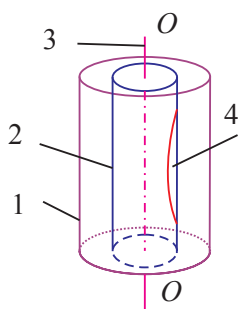
orta arifmetik

$$\langle v_a \rangle = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m_0}}, \quad (2.2.17)$$

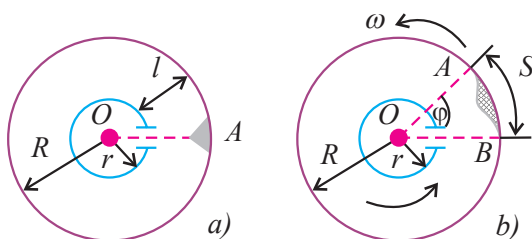
we orta kwadrat

$$\langle v_{\text{or.kw.}} \rangle = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}}, \quad (2.2.18)$$

tizlikleriñ aňlatmalaryny, olara girýän ululyklar we gazyñ molekulalarynyñ köpüsiniñ ähtimal tizlige eýedigi barada maglumat berýär.



2.2.6-njy surat. Šterniň tejribesiniň shemasy



2.2.7-njy surat. Šterniň tejribesiniň shemasynyň wertikal proyeksiýasy

Bu ýerde gaz molekulalaryň tizlikleriniň tejribede kesgitlenilişi bilen nazary maglumatlaryň çapraz gelmeýändigini 1920-nji ýylda nemes tejribеçi fizigi O. Šterniň kümüş atomlarynyň gazynyň orta tizligini hasaplamak üçin mümkinçilik beren tejribäni guraýşy we onuň çyzgysyny (2.2.6 we 2.2.7-nji suratlar) düşündirmeli.

Tejribäniň esasynda kümüş atomynyň tizliginiň

$$\langle v \rangle = \frac{R - r}{t} = \frac{\omega R(R - r)}{S}, \quad (2.2.19)$$

aňlatmasyny getirip çykarmaly we  $\omega = 2\pi/T = 2\pi\nu$ ;  $\nu = 1/T$  daşky silindriň aýlanma ýygylygy. Štern 2.1.19-njy aňlatmadaky ululyklaryň tejribeden alnan bahalaryny ulanyp, kümüş atomlarynyň orta tizliginiň  $650 \text{ m/s}$ -a deňdigini hasaplap çykarandygyny okuwçylara maglumat hökmünde aýtmaly.

Şunlukda, okuwçylar şol bir şertdäki ideal gazyň molekulalarynyň (atomlarynyň) hemmesiniň deň tizlikli dăldigine, olaryň dürli tizlik bilen ýylylyk hereketine gatnaşýandyklaryna göz ýetirmeli.

Ondan soňra ideal gaz halynyň deňlemeleri, izo hadysalar olaryň grafiki baglanyşyklary, birleşen gaz halynyň deňlemesi getirilip çykarylýar. Bu kanunlar mekdep fizikasynda aýdyň beýan edilen.

### 2.2.7. Termodinamikanyň esaslary bölüminiň derňewi we öwrediliş usulyýeti

Mekdep fizikasynda başda termodinamika okuw dersi we termodinamiki durnukly sistema barada maglumat berilýär.

Termodinamiki sistemanyň iň wajyp kesgitleýji parametrleriniň biriniň içki energiýadygy bellenilýär. Sistemanyň içki energiýasy onuň hut öz parametrleri bilen häsiýetlendirilýär. Molekulýar-kinetik nazaryýetde bellenilişi ýaly, içki energiýa bu sistemanyň içindäki molekulalaryň (atomlaryň) ýylylyk hereketiniň kinetik we özara täsiriniň potensial energiýalarynyň jemine deňdir. Bu ýerde jisimiň özüniň bütinligine kinetik we potensial energiýalarynyň içki energiýa hiç hili dahylynyň ýokdugyny okuwçylara ýatlatmalydygyny unutmaly däl. Soňra içki energiýany üýtgetmegiň usullarynyň biri hökmünde jisim iş etmezden gyzdyrylanda, oňa berilýän elementar  $\delta Q$  ýylylyk mukdarynyň

$$\delta Q = cm(T_2 - T_1) = cm \cdot dT,$$

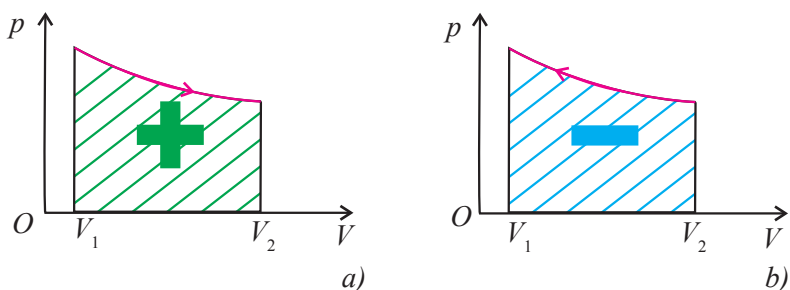
aňlatmasy getirilýär we bu ýerden  $c = \delta Q / (mdT)$  udel ýylylyk düşüňjesi girizilýär. Udel ýylylyk sygymynyň Halkara sistemasynda ölçeg birligi  $[J] / [kg \cdot K]$ . Jisimiň içki energiýasyny artdyrmak üçin, ony gyzdyrmalydygyny, ýagny ony temperaturasy uly jisime degrip goýmalydygyny okuwçylar bilmeli. Bu halda haýsy jisimden we nähili şerte çenli energiýanyň geçýändigini okuwçylar düşünmeli.

Soňra giňelýän gazyň hut özüniň ýerine ýetirýän işiniň

$$A' = \int_{V_1}^{V_2} p dV = p \int_{V_1}^{V_2} dV = p \big| V \big|_{V_1}^{V_2} = p(V_2 - V_1),$$

hasaplanylýşyny okuwçylaryň işjeň gatnaşmagynda bu aňlatmany we 2.2.8-nji *a* suraty derňemeli.

Okuwçylar daşky güýjüň ýerine ýetirýän elementar  $\delta Q$  işi gazyň öz ýerine ýetirýän  $\delta A'$  işinden diňe alamaty bilen tapawutlanýandygyna  $\delta A = -\delta A'$  aýdyň düşünmeli we 2.2.8-nji suraty mugallymyň ýolbaşçylygynda derňemeli.



2.2.8-nji surat.  $p$ - $V$  diagrammada gazyň  
 $a$  – položitel we  $b$  – otrisatel işi

Termodinamikanyň I kanuny barada maglumat bermezden öň nemes lukmany Robert Maýeriň demirgazykda we günortada ýaşayan adamlaryň wenalarynyň ganynyň reňkini deňeşdirip, ilkinji bolup **ýylylyk energiýanyň bir görnüşü** diýip, energiýanyň saklanma kanunyny özünde jemleýän netije çykarandygyny görnükli inlis fiziği Jeýms Joul 1884-nji ýylda mehaniki we ýylylyk energiýalarynyň bir görnüşden beýlekisine geçmegini öwrenip, ýylylygyň mehaniki barabarlygynyň  $1\text{ kal} = 4,15\text{ J}$  – dygyny ölçemegi başarandygyny ýatlamaly.

Soňra **termodinamiki sistemanyň içki energiýasynyň üýtgemegi oňa berlen  $\delta Q$  ýylylyk mukdarynyň we daşky güýjüň  $\delta A$  işiniň jemi-ne deňliginden termodinamikanyň I kanunyny ýazmaly:**

$$dU = \delta Q + \delta A. \quad (2.2.20)$$

Umuman,  $Q$  ýylylyk mukdary hal – ýagdaý funksiýasydyr, ýagny onuň ululygy makrosistemanyň eýe bolan ýagdaýyna gelmegine sebäp bolan prosesiň görnüşine baglydyr. Şonuň üçin elementar ýylylyk mukdaryny  $\delta Q$  ýaly belgilemek kabul edilendir. Gazyň basyş güýji tarapyndan ýerine ýetirilýän iş hem hal funksiýasydyr we ol  $\delta A$  ýaly bellenilýär. Emma içki energiýa termodinamiki sistemanyň berlen hala geçiş usulyna bagly däl. Ol bu sistemanyň başlangyç we ahyrky halyna baglydyr. Şonuň üçin hem onuň üýtgemegi  $dU$  bilen belgilenýär.

Temany berkitmek üçin okuwçylar bilen aşakdaky ýaly meseleleri çözmek sapaga düşünmeklige ýardam berýär.



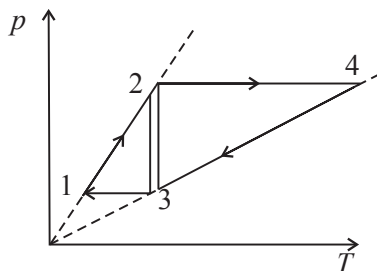
**2.1-nji mesele.** Ideal gazy 2.2.9-njy suratda görkezilen  $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 1$  we  $3 \rightarrow 2 \rightarrow 4 \rightarrow 3$  iki ýapyk halka boýunça iş etmeklige sezewar edilen. Bularyň haýsy birinde gazyň ýerine ýetirýän işi uludyr?

**Çözülişi.**

Mendeleyew-Klapeýronyň 1 mol gaz üçin deňlemesini

$$pV\left(\frac{m}{M}RT\right).$$

Şerte görä,  $p$ - $T$  diagrammada  $1 \rightarrow 2$  we  $3 \rightarrow 4$  izohoralar koordinata başlangyjyndan geçýän göni çyzyklardyr. Bu ýerde, 2 we 3 nokatlar izoterma deňişli nokatlardyr (2.2.9-njy sur. ser.). Onda prosesleri  $p$ ,  $V$  koordinatalarda getirsek, ol bu gönükmä deňişli suratdaky görnüşü alar. Bu surata laýyklykda  $2 \rightarrow 3(3 \rightarrow 2)$  egrileriň izotermalar-



2.2.9-njy surat

dygy sebäpli (2-4-3-2) halkanyň meýdanynyň (2-3-1-2) halkanyň meýdanyndan uludygyny suratdan görünýär. Diýmek,  $3 \rightarrow 2 \rightarrow 4 \rightarrow 3$  prosesde gazyň ýerine ýetirýän işi hem uludyr. Bu iş  $p, V$  diagrammada halkanyň meýdanyna deňdir. Şunlukda,  $A_1 = (p_2 - p_1)(V_4 - V_1) = p_2 V_4 - p_1 V_4 - p_2 V_1 + p_1 V_1$ , 1, 2, 3, 4 nokatlaryň her biri üçin gaz halynyň ( $pV = RT$ ) deňlemesini ýazalyň:  $p_1 V_1 = RT_1$ ;  $p_2 V_2 = RT_2$ ;  $p_3 V_3 = RT_3$  we  $p_4 V_4 = RT_4$ . Indi surat boýunça  $p_3 = p_1$ ,  $p_4 = p_2$ ,  $V_1 = V_2$ ,  $V_3 = V_4$ ,  $T_2 = T_3 = T$  bolýandygyny hasaba alyp, getirilen deňliklerden  $T/T_1 = T_3/T$ . Gazyň ýerine ýetiren işini

$$A = RT_1 - 2RT + RT_3 = R(T_1 - 2T + T_3) = R(T_1 - 2\sqrt{T_1 T_3} + T_3) = R(\sqrt{T_1} - \sqrt{T_3})^2 \text{ aňlatma bilen hasaplap bolar.}$$

Termodinamikany öwretmek Karnonyň aýlawly prosesini we onuň PTK-synyň aňlatmasyny düşündirmek, termodinamikanyň II kanunyny we ondan gelip çykýan netijeleri öwretmek bilen tamamlanylýar.

### 2.2.8. Bugarmak, gaýnamak we kondensasiýa düşünjeleriň derňewi

**1. Bugarmak.** Okuwçylaryň gözegçilikleriniň esasynda açyk gaba guýlup goýlan suwuklygyň mukdarynyň wagtyň geçmegi bilen azalyp, ahyrda gutarýandygyny bilmeklerini düşündirmek gerekdir. Olaryň agzy jebis ýapylgy gaplardaky suwuklyklaryň wagtyň köp geçmegine garamazdan mukdary azalmaýandygynyň sebäbini düşündirip bilmeklerine mugallymyň kömegi zerurdyr.

Hakykatda suwuklygyň islendik temperaturada bolmagyna garamazdan onuň howa bilen çäkleşýän üstündäki molekulalary buga öwürülýärler.

Suwuklygyň temperaturasynyň ýokarlanmagy, howanyň şemally bolmagy bilen bugarmanyň tizligi artýar we suwuklyk çalt azalýar. Öl geýimleriň yssy we şemally howada çalt guramagynyň sebäbi hem şondan ybaratdyr. Şonuň ýaly hem, daşky atmosferanyň basyşynyň, has takygy atmosferadaky suw buglarynyň basyşynyň azalmagy suwuklygyň çalt bugarmagyny döredýär.

Molekulýar – kinetik nazaryýetine laýyklykda suwuklyk üstüniň ulalmagy ondan wagt birliginde uçup çykýan molekulalaryň sanynyň artmagyna getirýär we bugarmany çaltlaşdyrýar. Suwuklygyň temperaturasynyň ulalmagy molekulalaryň kinetik energiýasyny artdyrýar. Suwuklygyň bugarmagy üçin onuň üst gatlagyndaky molekulalarynyň  $\varepsilon_k$  kinetik energiýasy molekulalaryň çykyş işine deň bolan  $u_0$  bugarma energiýasyndan uly ýa-da iň bolmanda oňa deň bolmagy zerurdyr ( $\varepsilon_k \geq u_0$ ).

Okuwçylara suwuklygyň üst gatlagyndaky molekulalarynyň bugarmak şertiniň:

$$\frac{m_0 v_b^2}{2} \geq u_0, \quad (2.2.21)$$

deňlik bilen kesgitlenýändigini düşündirmeli. Bu ýerden bolsa suwuklyklaryň  $v_b$  bugarmak tizliginiň aňlatmasyny

$$v_b = G_0 e^{-\frac{U_0}{KT}}, \quad (2.2.22)$$

getirip çykarmaly.

Bu ýerde  $G_0$  üst gatlagyny taşlap gitmäge ukyply molekullaryň konsentrasiýasy. Aslynda ol 2.2.21-nji şerte laýyk gelýän molekullaryň göwrüm birligindäki sany. Suwuklygyň temperaturasynyň artmagy bilen agzalan şerte laýyk gelýän molekullaryň sany artýar. Şonuň üçin hem, bu koeffisiýenti temperatura bagly  $G_0 = BT^\alpha$  hasaplamaly. Bu ýerde  $B$  suwuklygyň himiki düzümine bagly hemişelik koeffisiýent,  $\alpha \approx 1/2$ . Bu agzalanlary hasaba alyp, suwuklygyň bugarma tizligini gutarnykly

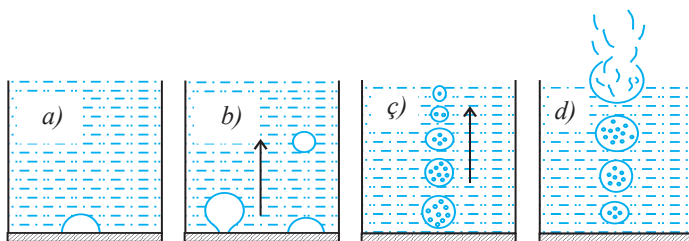
$$\nu_b = BT^\alpha e^{\frac{u_0}{kT}}, \quad (2.2.23)$$

görnüşde aňladyp bolýandygyny okuwçylara ýatlatmak amaly işlerde, bäsleşiklerde olara ýardam berer.

Bu temalardan soňra okuwçylara suwuklygyň gaýnama prosesini öwretmeli. Şonuň üçin, aýna gapda haýsy hem bolsa, bir suwuklygyň içinde howa düwmesiniň döreýşinden başlap, onuň özgerişi 2.2.10-njy surata laýyklykda düşündirmeli. Suwuň temperaturasynyň artmagy sebäpli içi howa we suw buglary bilen doldurylan düwmeleriň sany artýar, şol bir wagtyň özünde göwrümi ulalýar. Içi suwly gap gyzdyrylyp başlananda onuň içki mikro бүдүр-сүдүр üstleriniň temperaturasynyň beýleki ýerleriniňkiden uly bolmagy bilen ol ýerlerde başda howa-bug düwmeleri döreýär. Bu bug düwmeleri ýeterlik derejede ulanda (2.2.10-njy *a surat*) oňa täsir edýän göteriji Arhimed güýji hem ulalýar. Bu halda düwmäniň gabyň düýbüne galtaşýan üsti kiçelýär (2.2.10-njy *b surat*) we ahyrda düwme gabyň düýbünden gopýar. Bu proses bilen bir wagtda gabyň düýbünde ýene-de täze düwmeler döreýär. Ýokaryk galýan düwmeler heniz doly gyzyň ýetişmedik suwuň ýokarky sowuk gatlaklaryna öz gyzyňlygyny berýär. Düwmelerdäki suw buglary kondensirlenýär we olaryň içindäki basyş azalýar, göwrümleri kiçelip, özboluşly sesli mikropartlamalar döreýär (bu ses suw gyzdyrylyp başlananda başda döreýän sesdir). Şeýlelikde, suwdaky dörän düwmeler ýitip gidýärler we suwuň ýokarky gatlaklary gyzyň başlaýar (2.2.10-njy *ç surat*).

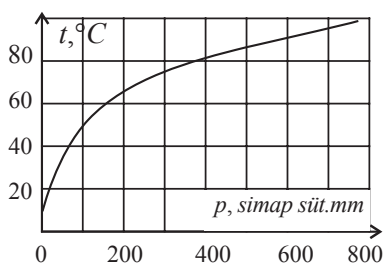
Gyzdyrylýan suwuň temperaturasy ýeterlik uly derejä baranda suwda döreýän düwmeleriň içindäki suw buglaryň basyşy artýar we ýokarky suw gatlaklaryna galdygyça olaryň göwrümi ulalyp

başlaýar. Suwdaky ses kesilýär. Döwmeleriň içindäki suwuň doýgun buglarynyň basyşy suwuň üstündäki atmosfera basyşyndan sähelçe uly bolanda döwmeler ýarylýarlar we gaýnamak prosesi başlaýar, suwda oňa mahsus bolan bygyrdy peýda bolýar (2.2.10-njy *d* çyzgy).



2.2.10-njy surat. Suwuň içinde döreýän bug döwmeleriniň ösüş yzygiderligi

Diýmek, **gaýnamak suwuň göwrümünde we üstünde bug döwmeleriniň intensiw ýarylmak prosesidir.** Suw gaýnanynda onuň temperaturasy üýtgemeyär, ýagny



2.2.11-nji çyzgy. Suwuň gaýnamak temperaturasynyň atmosfera basyşyna baglylygy

**temperaturasydyr diýen netijäni okuwçylaryň özleriniň göz ýetirmekleri gerekdir.**

Soňra gaýnamak temperaturasynyň atmosfera basyşyna baglylyk 2.2.11-nji suratda görkezilen grafik düşündirilýär.

Bu ýerde okuwçylara gaýnamak prosesiniň bütin dowamynda suwuklyga berilýän ýylylyk mukdarynyň prosesi saklamaga harç edilýändigini we şonuň üçin hem gaýnamada suwuklygyň temperaturasynyň hemişelik saklanýandygyny düşündirmeli.

Soňra suw buglarynyň sowuk üste degip, gaýtadan suwuklyga öwrülme, ýagny kondensirlenme prosesinde energiýanyň saklanma kanunyna laýyklykda bug emele getirmäge harçlanan ýylylyk mukdarynyň kondensirlenme üstüne berilýändigini düşündirmeli. Diýmek, buguň kondensirlenýän üsti gyzýar.

## 2.3. ELEKTROSTATIKANY ÖWRETMEGIN USULÝÝETI

### 2.3.1. Elektrostatik meýdanyň derňewi we öwrediliş usulyýeti

Mekdep fizikasynda elektrostatika düşüňjesini girizmekden öňürti okuwçylara elektrik zarýadynyň ýa-da zarýadlanan bölejik düşüňjesiniň nämedigini aýdyňlaşdyrmaly. Munuň üçin grawitasiýa we elektromagnit özaratäsir güýçleriniň tebigaty olaryň täsir ugurlary barada maglumat bermeli. Soňra tebigatda duşýan hemme material jisimler bütindünýä dartylma güýjüne ( $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$ ) laýyklykda özara çekişme häsiýete eýediklerini, ýöne material jisimleriň (material nokatlaryň) arasynda olaryň agyrlyk merkezleriniň arasyndaky  $r$  uzaklygyň kwadratyna ters bagly ( $F \sim 1/r^2$ ) güýç bilen özara itekleşme häsiýetlileri hem duşýandygyny bellemeli. Munuň ýaly häsiýetli güýçleri döredýän jisimleri gurşap alýan meýdan özlerniň tebigaty boýunça grawitasiýa meýdanyndan tapawutlydygyna okuwçylaryň ünsüni çekmeli. Soňra bolsa agzalan häsiýetli meýdanlary döredýän material bölejiklere **zarýadlanan bölejikler diýilýändigini nygtamaly**. Tebigatda iki položitel we otrisatel zarýadlaryň bardygyny bellemeli. Birmeňzeş alamatly zarýadlar özara itekleşýärler, dürli alamatly zarýadlar bolsa dartýşýarlar. Bu ýerde dürli alamatly zarýadlaryň özara dartýşma güýjüniň grawitasiýa dartylma güýjünden diňe bir öz tebigaty bilen däl-de, intensiwligi bilen hem tapawutlanýandygyny bellemelidir.

***Diýmek, elektromagnit güýçleri grawitasiýa dartuw güýçlerinden tapawutlylykda biri-birini dartmaga we iteklemäge ukyplydyrlar.***

Soňra okuwçylara zarýadlaryň diskretligi  $Q = \pm |e| \cdot n$  we inwariantlygy  $q \neq f(v)$ , ýagny bölejigiň zarýadynyň onuň tizligine bagly

däldigi barada doly maglumat berilýär. Zarýadlaryň bu häsiýetini kepillendirmek üçin atomyň planetar modelinde daşky elektronly gabyklardaky elektronlaryň energiýasynyň (tizliginiň) içki gabyklarda ýerleşen elektronlaryňkydan uly bolmagyna garamazdan stasionar (adaty halda) atomyň elektrik taýdan bitarap bolmagy bilen düşündirmeli. Bu ýerde elektromagnit we grawitasiýa özaratäsir güýçleriň gatnaşygyny kepillendirýän mesele çözmeli.

Bu düşüňjelerden soňra jisimleriň dürli sürtülme we täsir arkaly elektriklenmeklerini, izolirlenen sistemada zarýadlaryň saklanma kanuny barada maglumat bermeli we düşündirmeli. Okuwçylar bu maglumatlar bilen tanyşdyrylandan soňra olara hemme atomlaryň düzümine girýän elementar bölejikler bolan elektron, proton we neýtron barada doly maglumat bermeli. Bu babatda umumy orta bilim berýän mekdeplerde agzalan bölejikleriň zarýady, massasy, udel zarýady we olaryň radiusy barada maglumat bermek bilen çäklenilýär.

Ýöriteleşdirilen mekdeplerde ýa-da synplarda bolsa bu bölejikleriň haýsylarynyň nokatlanç we strukturaly hasaplanylýandygy barada maglumat bermeli. Bu babatda elementar bölejikler barada aşakdakylary düşündirmeli.

**Elektron** otrisatel zarýadly, nokatlanç, ýagny onuň zarýady bir nokatda jemlenen elementar bölejikdir. Tejribelerden mälim bolşy ýaly, elektronyň zarýady  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Kl}$ , massasy  $M_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$  we onuň udel zarýady  $\frac{e}{M} = 1,75 \cdot 10^{11} \text{ Kl/kg}$ , radiusy bolsa  $r_e = 10^{-18} \text{ m}$ -e deňdir.

**Proton** položitel zarýadly elementar bölejik. Ýöne bu ýerde sada (elementar) bölejikler bolan protonyň we neýtronyň düzüminde elektronyň zarýadynyň ülüşleri ýaly zarýadlanan bölejikleriň, ýagny kwarklaryň bardygyny bellemelidir.

Protonyň içinde zarýadlaryň paýlanyşy tejribe üsti bilen öwrenildi. Bu usul edil Rezerfordyň  $\alpha$  bölejikler bilen geçiren tejribesi ýaly edilip guraldy. Ýöne bu ýerde  $\alpha$  bölejikleriň ornuna elektron peýdalanylady. Geçirililen tejribelerden mälim bolşy ýaly, proton iki sany  $(+\frac{2}{3}|e|)$  položitel we bir sany  $(-\frac{1}{3}|e|)$  otrisatel kwarklardan, ybarat diýlip hasaplanylýar.

Diýmek, *ýokarda aýdylan zaryýadlaryň diskretlik kanuny diňe zaryýadlaryň erkin haldakylaryna degişlidir.*

Protonyň zaryýady absolyt ululygy boýunça elektronyň zaryýadyna deň ( $q_p = |e| = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Kl}$ ). Onuň udel zaryýady  $(e/M)_p = 9,58 \cdot 10^7 \text{ Kl/kg}$ , massasy  $M_p = 1,673 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ , radiusy  $r_p \approx 3 \cdot 10^{-15} \text{ m}$ -e barabardyr.

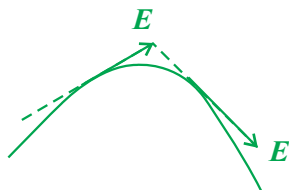
**Neýtron** bilen geçirilen tejribeler esasynda onuň düzüminde zaryýadlaryň iki alamatynyň hem bardygy we onuň nokatlanç bölejik däl-digi anyklanyldy. Neýtron iki sany otrisatel  $(-\frac{1}{3}|e|)$  we bir sany položitel  $(+\frac{2}{3}|e|)$  kwarklardan ybarat bolany üçin onuň netijeleýji zaryýady nola deň. Diýmek, neýtron elektrik taýdan zaryýadsyz bölejikdir.

Neýtronyň radiusy we massasy, degişlilikde, protonýňka deňdir.

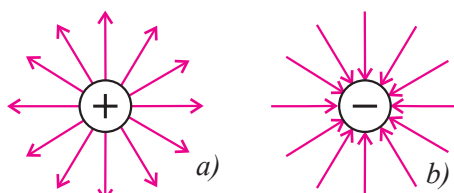
Ummasyz köp geçirilen tejribelere garamazdan, häzirki wagtda kwarklary bölejigiň düzüminde däl-de, özbaşdak ýagdaýda görmek mümkinçiligi, takmyn, ýok diýlip hasaplanylýar.

Bu düşüňjelerden soňra elektrostatiği meýdanynyň çêşmesi we ony häsiýetlendirýän ululyklar öwredilýär. Bu babatda elektrik **zaryýad (zaryýadlanan bölejik) bilen baglanyşykly hasaplaýyş sistemada elektrostatiği meýdanyň döreyändigini bellemeli.**

Elektrostatiği meýdanyň güýjenmesiniň güýç çyzygyny (2.3.1-nji surat), položitel we otrisatel zaryýadlaryň döredýän elektrik meýdanynyň güýjenmelerini (2.3.2-nji a we b surat) düşündirmeli.



2.3.1-nji surat.  
Elektrostatiği meýdanyň  
güýç çyzyklary



2.3.2-nji a, b suratlar. Nokatlanç ýeke-täk  
zaryýadyň elektrostatiği meýdanynyň güýç  
çyzyklary

Elektrostatikanyň esasy kanuny bolan Kulonyň kanuny düşündirilýär. Bu ýerde okuwçylara Kulonyň kanunynyň diňe nokatlanç zaryýadlar üçin degişlidigini öwretmeli.

Kulonyň kanunyny wakuumda, wektor görnüşinde ölçegleriň Halkara sistemasynda (HS):

$$\mathbf{F}_0 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} \left( \frac{\mathbf{r}}{r} \right), \quad (3.2.1)$$

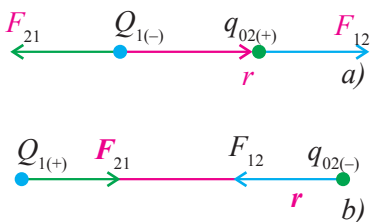
we Gauss sistemasynda:

$$\mathbf{F} = \frac{q_1 q_2}{r^2} \left( \frac{\mathbf{r}}{r} \right), \quad (3.2.2)$$

aňladylýandygyny ýatlamaly.

Bu ýerde nokatlanç zarýadlaryň arasyndaky Kulon güýjüniň zarýadlaryň merkezine goýulýandygyny okuwçylar düşünmeli.

Elektrik meýdany öwrenilende özara täsiriň we elektrik meýdanynyň güýjenmesiniň superpozisiýa (wektorlaýyn goşulma) düzgüniniň ýerine ýetýändigini öwretmeli.



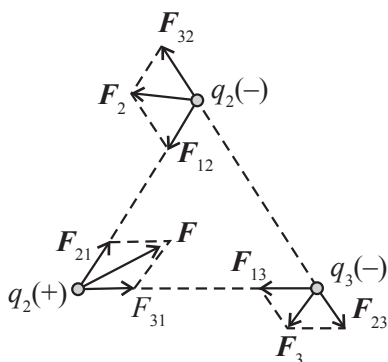
2.3.3-nji surat. a) biratly, b) dürli atly nokatlaryň zarýadlaryň özaratäsiri

Tejribäniň görkezişi ýaly  $q_1$  we  $q_2$  iki sany butnawsyz nokatlanç zarýadlaryň arasyndaky  $F$  özaratäsir güýjüniň ululygyny olaryň golaýynda  $q_3$  üçünji,  $q_4$  dördünji we ş.m. zarýadlaryň peýda bolmaklary üýtgetmeýär. Ýöne,  $q_1$  zarýadyň her bir beýleki  $q_2, q_3, \dots, q_n$  zarýadlar bilen özaratäsir güýçleri dürlüdür:

$$F_{12}, F_{13} \dots F_{1n}.$$

Her bir zarýada beýleki zarýadlar tarapyndan täsir edýän netijeleşýiji güýji, degişlilikde,  $F_1, F_2, F_3, \dots, F_n$  görnüşinde (2.3.4-nji surat) bellenilse  $q_1$  zarýada hemme beýleki zarýadlar tarapyndan täsir edýän netijeleşýiji güýji superpozisiýa düzgüni esasyda ýazyp bolar:

$$\mathbf{F}_1 = \mathbf{F}_{12} + \mathbf{F}_{13} + \mathbf{F}_{14} + \dots + \mathbf{F}_{1n}. \quad (2.3.3)$$



2.3.4-nji surat. Nokatlanç zarýadlar toplumynyň özaratäsiriniň goşulyşy



Beýleki zaryadlara-da täsir edýän güýçler edil şonuň ýalydyr.

Iki nokatlanç zaryadyň özaratäsir güýjüniň onuň töwereginde başga zaryadlaryň bardygyna ýa-da ýokdugyna baglanyşyksyzlygy elektrostatiiki *özaratäsir güýçleriniň superpozisiýa düzgünini kepillendirýär* (2.3.3-nji aňlatma).

### 2.3.2. Ostrogradskiniň we Gaussyň teoremasyny ýöriteleşdirilen synplarda ulanmak

Elektrik zaryadlary dürli görnüşdäki: geçirijileriň uzynlyk (çyzykly) we göwrümleýin birliginde, tekiz, silindr, sfera we ş.m. üstlerde üznüksiz paýlanyp biler. Bu ýagdaýda olaryň döredýän elektrik meýdanyny superpozisiýa düzgüni boýunça hasaplamak örän çylşyrymly meseledir. Şonuň üçin hem, munuň ýaly paýlanan zaryadlaryň döredýän elektrik meýdanynyň döredýän güýjenmesini rus alymy M.W.Ostrogradskiniň (1801–1862) we nemes alymy K.F.Gaussyň (1777–1855) biri-birinden habarsyz açan, soňra *Ostrogradskiniň we Gaussyň teoremasy* ady bilen belli bolan usuly boýunça hasaplamak has amatlydyr.

Umumybilim berýän orta mekdepleriň okuw maksatnamasyna bu teorema girizilmedik hem bolsa, ony ýöriteleşdirilen synplaryň okuwçylaryny döwlet bäsleşiklere taýýarlyk okuwlarynda fakultativ sapagyň çäginde öwretmek maksada laýykdyr.

Bu teorema geçmezden öňürti okuwçylary elektrik güýjenme wektorynyň akymy düşüňjesi bilen tanyşdyrmaly.

**Güýjenme wektorynyň akymy.** Iş salyşylýan üst tekiz bolmadyk halatynda onuň üstünden geçýän  $E$  wektor birhilli bolýança  $S$  üsti tükeniksiz köp we örän kiçi  $dS$  üstlere bölmeli. *Güýjenme wektoryň elementar (kiçi) akymy diýip, (2.3.5-nji surat).  $dS$  tekiz, kiçi üstten geçýän elektrik güýjenme wektorynyň bu üste geçirilen  $n$  normalyň ugruna alnan  $E_n$  proyeksiýanyň  $dS$  üste köpeltmek hasylyna aýdylýar.* Güýjenme wektoryň elementar akymyny  $d\Phi$  (ef) harpy bilen bellesek, kesgitlemä görä ol:

$$d\Phi = E_n dS, \quad (2.3.4)$$

bu ýerde  $E_n = E \cos \alpha$ ,  $E$  wektoryň  $dS$  üste geçirilen  $n$  normalyň ugruna alnan proyeksiýasy.

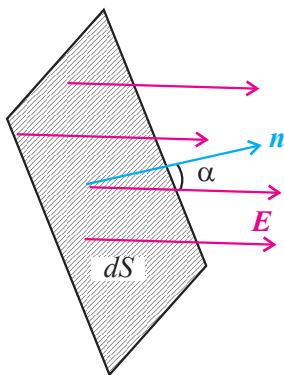
Üstden geçýän doly akym onuň  $dS$  üstleriniň hemmesinden geçýän elementar akymyň jemine deňdir:

$$\Phi = \sum d\Phi = \sum E dS \cos \alpha. \quad (2.3.5)$$

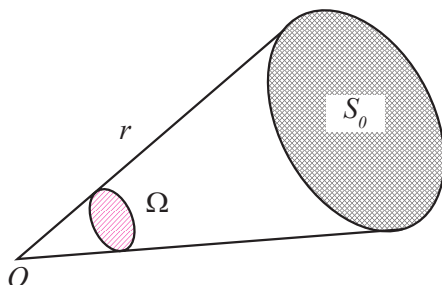
Doly akymy hasaplamazdan öňürti ýene-de bir **jisim burçy** atlandyrylýan ululyk bilen okuwçylary tanyşdyrmaly.

**Jisim burçy**, şar segmentiniň  $S_0$  üstüniň onuň radiusynyň kwadratyna bölünmegine deňdir (2.3.6-njy surat). Adatça, jisim burçy  $\Omega$  (omega) harpy bilen belgilenýär. Kesgitlemä görä jisim burçy:

$$\Omega = \frac{S_0}{r^2}. \quad (2.3.6)$$



2.3.5-nji surat. Güýjenme wektorynyň akymy



2.3.6-njy surat. Jisim burçy

Ölçeğleriň Halkara sistemasynda jisim burçy steradianlarda ( $sr$ ) hasaplanylýar. Ýokardaky 2.3.6-njy aňlatma laýyklykda eger  $S_0 = r^2$  bolsa, onda jisim burçy  $\Omega = 1 sr$ . Bu aňlatmadan görnüşi ýaly, nokadyň töweregindäki doly jisim burçy

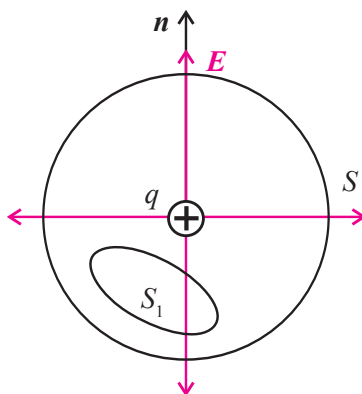
$$\Omega_{doly} = 4\pi\Omega = 4\pi S_0^2/r^2 = 4\pi r^2/r^2 = 4\pi, [sr].$$

**Ostrogradskiniň we Gaussyň teoreması.** Goý, elektrik meýdanyny ýalňyz, nokatlanç  $q$  zaryad döredýän bolsun. Bu zaryadyň elektrik meýdanynyň güýjenmesiniň akymyny döretmek üçin zaryadyň daşynda (töwereginde) meýdany  $S$  bolan sfera alalyň (2.3.7-nji surat).

Nokatlanç  $q$  zarýadyň elektrik meýdanynyň  $\mathbf{E}$  wektorynyň  $S$  üst boýunça akymyny kesgitlemek üçin  $S$  üstüň içindäki nokatlanç zarýadyň döredýän elektrik meýdanynyň güýjenmesiniň  $E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2}$  modulyny 2.3.5-nji aňlatmada goýup alarys:

$$\Phi = \sum E dS \cos \alpha = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \frac{\sum dS \cos \alpha}{r^2}.$$

Sferanyň  $S$  üstüne geçirilen  $\mathbf{n}$  normal bilen meýdanyň  $\mathbf{E}$  güýjenmesiniň wektorynyň arasyndaky burç  $\alpha = 0$  bolany üçin  $\cos \alpha = 1$ . Onda  $\mathbf{E}$  wektoryň  $S$  üst boýunça doly akymy



2.3.7-nji surat. Nokatlanç zarýadyň elektrik meýdanynyň güýjenmesiniň akymy

$$\Phi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \frac{\sum ds}{r^2} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \sum d\Omega. \quad (2.3.7)$$

Doly jisim burçunyň  $\sum d\Omega = 4\pi$  steradiandygyny hasaba alyp, Ostrogradskiniň we Gaussyň teoremasynyň aňlatmasyndan alarys:

$$\Phi = \frac{q}{\epsilon_0}. \quad (2.3.8)$$

Diýmek, **Ostrogradskiniň we Gaussyň teoremasy: islendik ýapyk üstden geçýän elektrik güýjenmäniň akymy bu üstüň içindäki zarýadyň algebraik jeminiň elektrik hemişeligiň ululygyna bölünmegine deňdir.**

Eger üstüň içinde birnäçe zarýad bar bolsa, onda 2.3.8-nji aňlatmanyň sag tarapyndaky zarýada derek üstüň içindäki zarýadlaryň algebraik jemini almaly:

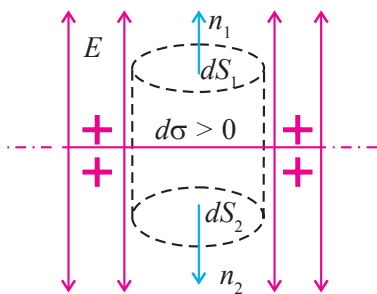
$$\Phi = \frac{\sum_{k=1}^N q_k}{\epsilon_0}. \quad (2.3.8')$$

Güýjenme wektoryň  $S_j$  üst boýunça akymy nola deňdir (2.3.7-nji surat). Sebäbi  $S_j$  üst öz içinde zarýady saklamaýanlygy üçin  $E$  wektoryň güýç çyzyklary bu üsti iki gezek kesip geçýärler.  $E$  wektoryň akymy  $S_j$  üste girende otirisatel we ondan çykanda bolsa položitel alamaata eýe bolany üçin  $E$  wektoryň agzalan üstden geçýän akymynyň jemi nola deň bolýar.

Ostrogradskiniň we Gaussyň teoremasynyň mesele çözmekde ulanylyşyny okuwçylara öwretmeli

**3.1-nji mesele.** Deňölçegli  $\sigma > 0$  üst ( $\sigma = q/\varepsilon_0$ ) zarýad bilen zarýadlanan tükeniksiz uzyn geçiriji tekizligiň döredýän elektrik meýdanynyň güýjenmesini kesgitlemeli.

**Çözülişi.** Položitel üst dykzlykly ( $\sigma = \lim_{\Delta S \rightarrow 0} \frac{\Delta q}{\Delta S} = \frac{dq}{dS} > 0$ ) zarýadlanan çäksiz geçiriji tekizlik alalyň (2.3.8-nji surat). Bu ýerde ( $\sigma$  – sigma)  $\sigma = dq/dS$  geçiriji tekizligiň elementar  $dS$  üsti boýunça zarýadlaryň dykzlygy. Başda okuwçylara geçiriji tekizligiň galyňlygynyň iň kiçi zarýad hasaplanylýan elektronyň diametrinden



2.3.8-nji surat. Üst birligindäki zarýadly tükeniksiz uzyn geçiriji tekizligiň döredýän elektrik meýdany

hem ýukadygyny ýatlamaly. Onda kabul edilen şerte görä geçiriji tekizlikde zarýadlaryň  $\sigma$  üst dykzlygynyň simmetriýalygynyň  $E$  wektoryň çyzyklary geçiriji tekizlige perpendikulýar bolup, onuň güýç çyzyklarynyň geçiriji üstüň iki tarapyna-da ugrugýandygyna okuwçylaryň düşünmegini gazanmaly. Bu tekizligiň döredýän meýdanynyň  $E$  güýjenmesini kesgitlemek üçin Ostragradskiniň we Gaussyň teoremasyny ulanallyň. Şonuň üçin 2.3.8-nji suratda geçiriji tekiz-

likde üznükli çyzyk bilen görkezilen gapdal üstleri  $E$  wektoryň güýç çyzyklaryna parallel, esaslarynyň meýdany  $dS$  bolan silindr alalyň. Silindriň gapdal üstüniň düzüjisi  $E$  güýç çyzyklaryna parallel bolany üçin ( $\cos \alpha = 0$ ), onuň gapdal üstünden çykýan elektrik meýdanynyň  $E$  wektorynyň akymy hem nola deň. Şonuň üçin hem silindriň içinden diňe onuň iki esasyyna perpendikulýar ugur boýunça

$E$  wektoryň akymy daşyna çykýar. Ýagny silindriň üstünden geçýän  $E$  wektoryň elementar akymy  $d\Phi = 2EdS$ , silindriň içinde jemlenen zaryadlar  $dq = \sigma dS$ . Ostragradskiniň we Gaussyň teoremasy esasynda  $d\Phi = 2EdS = (\sigma/\varepsilon_0) \cdot dS$ . Onda  $E$  wektoryň doly akymy:

$$\Phi = \sum d\Phi = 2E \sum dS = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} \sum ds. \quad (2.3.9)$$

Bu ýerden deňölçegli zaryadlanan tükeniksiz uzyn geçiriji tekizligiň döredýän elektrik meýdanynyň  $E_{t.g.}$  güýjenmesiniň

$$E_{t.g.} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} = \frac{q}{2\varepsilon_0 S}, \quad (2.3.10)$$

aňlatmasyny alarys.

Şeýlelikde, Ostragradskiniň we Gaussyň teoremasyny ulanylyp, birhilli zaryadlanan çäksiz tekizligiň döredýän elektrik meýdanynyň güýjenmesi aňsatlyk bilen kesgitlenildi.

### 2.3.3. Ioffäniň-Millekeniň tejribesinde elektronyň zaryadyny hasaplamak

Rus alymy A.F.Ioffe (1880–1960) we Amerikan fizigi R.E. Miliken (1868–1953) elektrik zaryadyny tejribeleýin kesgitlemegiň has takyk usulyny hödürläpdirlir.

Bu usul boýunça elektronyň zaryadyny kesgitlemek üçin 2.3.9-njy suratda görkezilen çyzgyny okuwçylara düşündirilse, tejribäniň geçirilişi aýdyň bolar.

Bu usul tekiz kondensatoryň elektrik meýdanynda zaryadlandyrylan ýag damjasyna täsir edýän hemme (agyrlyk, Arhimed, sürtülme we elektrik) güýçleri wertikal ok boýunça proýektirläp, damjanyň hereketiniň deňlemesinden ýag damjasynyň zaryadyny hasaplamakdan ybaratdyr.

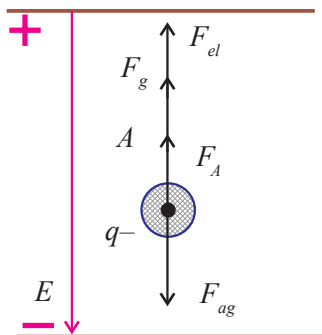
Başda zaryadlandyrylmadyk ýag damjasynyň howadaky hereketi öwrenilýär. Bu halda damja  $F_{ag} = mg = \rho Vg$  agyrlyk güýji,  $F_A = \rho_0 Vg$  Arhimed güýji we  $F_{ag} = bv_0$  garşylyk güýji täsir edýär (bu ýerde  $\rho$  – ýag damjasynyň dykyzlygy,  $\rho_0$  – howanyň dykyzlygy,  $V$  – damjanyň göwrümi,  $v_0$  – ýag damjasynyň tizligi we  $b$  – proporsionallyk

koeffisiyenti). Damja täsir edýän güýçler wertikal ugur boýunça agyrlýk güýji aşak, galan güýçler bolsa ýokaryk ugrugan. Bu güýçleriň deňtäsiredijisi nola deň bolanda damja deňölçepli hereket edýär:

$$F_{ag} - (F_A + F_g) = 0.$$

Ýa-da güýçleriň deňişli bahalaryny goýup,

$$\rho Vg - (\rho_0 Vg + bv_0) = 0. \quad (2.3.11)$$



2.3.9-njy surat. Elektrik meýdanyndaky zarýadlanan ýag damjasynyň hereketi

Soňra ýag damjasyny otrisatel zarýadlandyryp, onuň elektrik meýdanyndaky hereketi öwrenilýär. Şonuň üçin 2.3.9-njy suratdaky tekiz kondensatoryň ýokarky plastinasy položitel plastinasy aşakysy bolsa otrisatel zarýadlandyrylýar. Bu halda damja täsir edýän öňki güýçleriň üstüne goşmaça wertikal ýokaryk ugrugan  $F_{el} = qE$  (bu ýerde  $q$ - damjanyň zarýady,  $E$ - kondensatoryň elektrik meýdanynyň güýjenmesi) elektrik güýji goşulýar. Bu halda damjanyň tizligi üýtgeýär we hereketiň deňlemesi

$$F_{ag} - (F_A + F_g + F_{el}) = 0,$$

görnüşde aňladylar. Bu deňlikde güýçleriň bahasyny goýup alarys:

$$\rho Vg - (\rho_0 Vg + bv + qE) = 0. \quad (2.3.12)$$

Ýokardaky (2.3.11-nji) we (2.3.12-nji) deňliklerden

$$q = \frac{b(\nu_0 - \nu)}{E}, \quad (2.3.13)$$

damjanyň zarýadynyň ululygyny hasaplamaga mümkinçilik berýän aňlatma alynýar.

Ýag damjalaryny ultramelewşe (rentgen) şöhleleri bilen birnäçe gezek şöhlelendirip, onuň zarýady üýtgedilýär we her gezek (2.3.13-nji) aňlatma bilen damjanyň zarýady hasaplanylýdyr. Hasaplanylýan zarýadlaryň iň kiçisi elektronyň zarýadyna  $q_e = 1,6021892 \cdot 10^{-19} \text{ Kl}$ -a deňdigi tassyklanylýan.

### 2.3.4. Elektrostatik meýdanyň potensialy düşünjesiniň derňewi we öwredilişi

Umumybilim berýän orta mekdeplerde potensial düşüňjesi elektrostatik meýdanyň işi bilen aýrylmaz baglanyşykly bolany üçin başda okuwçylara belli bolan mehaniki işiň aňlatmasyny ýatladyp, mehaniki güýjüň ornuna elektrostatik meýdanyň  $F_{el} = qE$  güýjüni goýup, elektrostatik meýdanynyň ýerine ýetirýän işiniň

$$dA_{12} = qEdr, \quad (2.3.14)$$

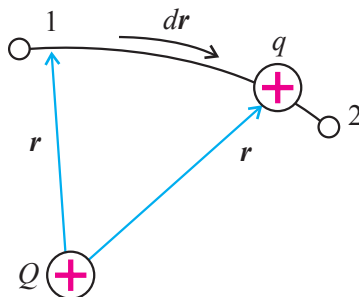
aňlatmasy alynýar. Bu aňlatma  $Q$  zaryadyň elektrik meýdanynyň 1-nji nokadyndan onuň 2-nji nokadyna çenli  $q$  zaryady göçürmek üçin elektrostatik meýdanyň ýerine ýetirýän elementar işi (2.3.10-njy surat). Soňra elektrostatik meýdanyň 1-2 nokatlarynyň arasyndaky gutarnykly işiň aňlatmasy alynýar:

$$A_{12} = \frac{qQ}{4\pi\epsilon_0 r_1} - \frac{qQ}{4\pi\epsilon_0 r_2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} qQ \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right). \quad (2.3.15)$$

Bu aňlatmanyň esasynda zaryad göçürilende elektrostatik meýdanyň ýerine ýetirýän  $A_{12}$  işiniň ýoluň görnüşine bagly däldegi onuň diňe göçürilýän zaryadyň başlangyç we ahyrky nokatlarynyň ýagdaýyna (giňişlikdäki ornuna) baglydygy barada netije çykarylýar.

Bu ýerden bolsa elektrostatik meýdanynda  $q$  zaryad bitewi halda boýunça göçürilse, ýagny ( $r_1 = r_2$ ) bolsa, onda 2.3.10-njy aňlatma laýyklykda elektrostatik meýdanyň ýerine ýetiren işi nola deňdir ( $A_{121} = 0$ ). Bu şerte deň gelýän elektrik meýdanlara potensial meýdanlar diýilýär. **Diýmek, hereketsiz nokatlanç zaryadyň** (ýa-da nokatlanç zaryad bilen baglanyşykly hasaplaýyş sistemada) **döredýän elektrostatik meýdany potensial meýdandyr.**

Bu häsiýet hereketsiz zaryadyň islendik sistemasy üçin dogrudyr. Umuman islendik zaryadlar sistemasyňyň örän kiçi böleklerge bölüp, olaryň



2.3.10-njy surat. Elektrostatik meýdanyndaky göçürilýän zaryad

her birini nokatlanç zaryad hasaplap bolar. Bu zaryadyň hataryna geçirijilerdäki we dielektriklerdäki täsir arkaly döredilen zaryadlar hem girýändiglerini okuwçylara ýatlatmaly.

Şonuň üçin hem, wakuumda ýa-da islendik maddada döremegine garamazdan, elektrostatik meýdanynyň potensial meýdandygyny okuwçylaryň düşünmegini aňyna siňdirmeli.

Soňra potensial meýdanlaryň ýerine ýetirýän işini ol meýdanyň potensial energiýasynyň azalmagynyň hasabyna ( $dA = -dW_p = W_{p1} - W_{p2}$ ) amala aşyrylýandygyny okuwçylar mehanikadan tanyşdyrlar. Onda 2.3.15-nji deňligi hasaba alyp,  $W_p = qQ/(4_0\pi\epsilon_0 r)$  elektrostatik meýdanyň potensial energiýasynyň aňlatmasy alnandan soňra elektrostatik meýdanyň potensialy düşünjesi girizilýär.

***Elektrik meýdanynyň berlen nokadynyň potensialy diýip, bu nokada getirilen birlik synag zaryadyň potensial energiýasyna aýdylýar:***

$$\varphi = \frac{W_p}{q}. \quad (2.3.16)$$

Ýöne okuwçylaryň potensial adalgasyna has aýdyň düşünmekleri gazanmak üçin elektrostatik meýdanynyň iki nokadynyň arasyndaky potensiallaryň  $\varphi_1 - \varphi_2$  tapawudy düşünjesi girizilýär. Bu ýerden bolsa agzalan nokatlaryň arasyndaky islendik erkin ýol bilen položitel birlik zaryad göçürilende ýerine ýetirilýän işiň, potensiallaryň tapawudyna deňdigi barada netije çykarylýar. Ýagny  $dA_{12} = qd\varphi$ , bu ýerden bolsa  $A_{12} = \int dA = -q \sum_{\varphi_1}^{\varphi_2} d\varphi = q(\varphi_1 - \varphi_2)$  we gutarnykly

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{A_{12}}{q}, \quad (2.3.17)$$

bu ýerde birlikleriň Halkara sistemasynda (HS) potensiallaryň tapawudy  $[J/Kl]$ -larda hasaplanylýar. Bu ululyk wolt ( $W$ ) diýlip atlandyrylýar. Diýmek,  $1W = 1J/Kl$ ,  $1J = 10^7 \text{ erg}$ ;  $1Kl = 3 \cdot 10^{-9} \text{ SGSE}_{\text{zaryad birl.}}$  diýmek,  $1W = 1/300 \text{ SGSE}_{\text{pot. birl.}}$ . Birlikleriň Gauss ulgamynda işiň ölçeg birligi  $\text{erg}$ , zaryadyň ölçeg birligi bolsa  $1 \text{ SGSE}_{\text{zar. birl.}}$ . Bu ulgamda potensiallaryň ölçeg birligi hökmünde elektrostatik meýdanyň dürli iki nokatlarynyň arasynda agzalan ölçegdäki zaryady göçürmek üçin



ululygy *1erg-e* deň bolan iş edilýän nokatlaryň arasyndaky potensiallaryň tapawudy kabul edilýär.

Potensiallaryň tapawudy düşünje girizilenden soňra okuwçylar şol bir elektrik meýdanyny häsiýetlendirýän iki ululyk meýdanyň güýjenmesi we onuň potensiallarynyň tapawudy bilen tanyşýarlar. Bu düşüňjeleri çuňlaşdyrmagyň indiki basgançagy olaryň arasyndaky baglanyşygy okuwçylara öwretmekden durýar. Şonuň üçin bolsa, goý, 1 we 2 nokatlar  $x$  okunda  $x_2 - x_1 = dx$  bolar ýaly, örän ýakyn ýerleşen diýip kabul edilýär. Agzalan nokatlaryň arasynda  $q$  zaryad göçürilende ýerine ýetirilen iş  $dA = qE_x dx$ . Onda 2.3.17-nji deňligi hasaba alyp,  $d\varphi = E_x dx$  bu ýerden bolsa

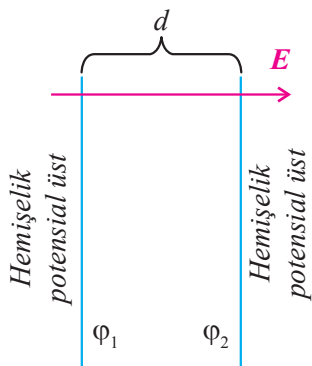
$$\int_{\varphi_1}^{\varphi_2} d\varphi = E \int_x dx.$$

Eger  $x=l$  bilen çalsyryp,  $\varphi_1 - \varphi_2 = -(\varphi_1 - \varphi_2) = -\Delta U$  ýazyp bolar. Ýa-da gutarnykly

$$E = -\frac{\varphi_1 - \varphi_2}{\Delta l} = -\frac{\Delta U}{\Delta l} = -\frac{dU}{dl}, \quad (2.3.18)$$

taparys. Bu 2.3.18-nji deňlikdäki potensiallarynyň tapawudynyň uzynlyk birliginde üýtgeýşini görkezýän  $\frac{dU}{dl}$  – ululyga **potensialyň gradiýenti** diýilýär we deňligiň sagyndaky minus alamatyň  **$E$**  wektoryň gradiýentiň azalýan tarapyna ugrugandygy üçin goýulýandygyny okuwçylara düşündirmeli. Diýmek, elektrik meýdanyň  **$E$**  güýjenmesine perpendikulýar üstdäki nokatlaryň hemmesi deňpotensialdyklaryny, ýagny ekwipotensialdyklaryny we güýjenme wektorynyň uly ekwipotensial üstden kiçi ekwipotensial üste tarap ugrugandygyna (2.3.11-nji surat) okuwçylar aň edip bilmeli.

Şunlukda, elektrostatik meýdanyny häsiýetlendirýän ululyklar baradaky okuw tamamlanylýar. Ýöne fizika-matematika ugurlar boýunça ýöriteleşdirilen mekdep-



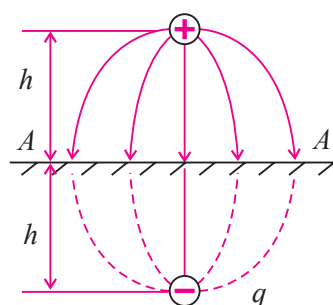
2.3.11-nji surat.

Ekwipotensial üstler bilen  **$E$**  wektoryň baglanyşygy

lerde elektrik meýdanyň potensialyny, zarýadlanan jisimler arasyndaky täsir güýji ýa-da elektrik meýdanyň güýjenmesini hasaplamaklygy ýeňilleşdirmäge ýardam berýän hyýaly (aýna) şekil usuly barada maglumat berip bolar.

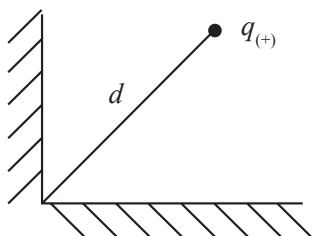
### 2.3.5. Hyýaly (aýna) şekil usuly

Elektrik meýdanynyň güýjenmesi we potensialy hasaplanylanda zarýadlaryň hyýaly şekil usuly diýip atlandyrylýan usuldan peýdalanylýar. Bu usulyň manysy aşakdakydan ybarat. Eger elektrik meýdanynyň haýsy hem bolsa, bir deňpotensially üstüni şol görnüşli üsti bolan geçiriji bilen çalşyryp, onuň üstünde öňki potensialy döredilse, elektrik meýdany üýtgemez. Bu usuly biri-birinden  $2h$  uzaklykda ýerleşen nokatlanç  $q_+$  we  $q_-$  zarýadlar üçin ulanlyň (2.3.12-nji surat). Seredilýän elektrik meýdany  $AA$  tekizlik bilen iki deň bölege bölüp bolar. Meýdanyň hemme ýerinde onuň güýç çyzyklary bu tekizlige perpendikulýardyr. Diýmek, ol deňpotensially tekizlikdir. Eger  $AA$  tükeniksiz geçiriji tekizlik ýerleşdirilse, ol tekizlik bilen  $+q$  zarýadyň arasyndaky meýdan üýtgemez. Ol  $+q$  we  $-q$  nokatlanç zarýadlaryň meýdany bilen gabat geler. Bu ýerde otrisatel alamatly ( $-q$ ) zarýad položitel alamatly ( $+q$ ) zarýadyň geçiriji tekizlikdäki şekilidir. Sebäbi, ol tekizligiň aşagynda, edil tekizligiň ýokarsynda  $+q$  zarýadyň ýerleşen aralygy ýaly uzaklykdadyr we alamaty boýunça onuň bilen garşylyklydyr. Şonuň üçin hem, tapylan netijäni

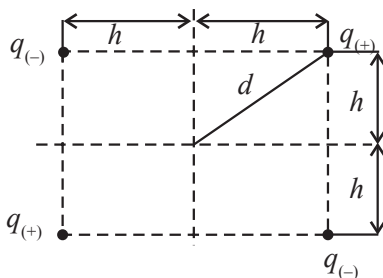


2.3.12-nji surat. Zarýadyň hyýaly (aýna) şekili

nokatlanç zarýad bilen geçiriji tekizligiň arasyndaky elektrik meýdany seredilýän  $+q$  zarýad we onuň geçiriji tekizlikdäki  $-q$  hyýaly şekiliniň bilelikdäki emele getirýän meýdanyna barabardyr. Ýa-da başgaça, tekizlikde döredilen zarýadlaryň edýän täsirini tekizligiň ýokarsyndaky nokatlanç zarýadyň we onuň tekizlikdäki şekiliniň bilelikdäki täsiri bilen çalşyryp bolar.



3.2-nji meseläniň a suraty



3.2-nji meseläniň b suraty

Bu düzgün düşündirilenden soňra okuwçylara ony ulanyp çözer ýaly meseleleri hödürlemeli.

**3.2-nji mesele.** Gönüburçy emele getirýän tükeniksiz uzyn geçiriji tekizlikleriň depesinden  $d$  daşlykda onuň bissektisasynyň üstünde ýerleşdirilen  $q$  zaryada täsir edýän güýji kesgitlemeli (3.2-nji meseläniň suraty).

### Çözülişi.

Bu meseläni çözmek üçin okuwçylar  $q$  zaryadyň elektrostatik meýdanyndaky geçiriji tekizlikde zaryadlaryň paýlanyşygynyň döreýändigini we ol  $q_{tek} = \sigma S$  zaryadlaryň berlen  $q$  zaryad bilen özara täsirleşýändigiklerini düşünmeli. Bu täsiri kesgitlemek üçin geçiriji üstäki zaryadlaryň  $\sigma$  üst dykzlygynyň ululygyny bilmeli. Ol bolsa çylşyrymly çözüdi talap edýär. Şonuň üçin gönüburçly ustler üçin hyýaly (aýna) şekil usulyny ulanyp, 3.2-nji b suratda görkezilişi ýaly, şekil zaryadlar bilen çalşyrmaly. Ondan soňra meseläniň çözüdi ýeňilleşýär. Ýagny indi üç sany şekil zaryadlaryň meseläniň şertinde berlen  $q$  zaryada edýän täsir güýjünü Kulonyň kanunyna laýyklykda kesgitlemek galýar. Şeýdip, meseläniň çözüdi juda ýeňilleşdirilýär.

## 2.3.6. Maddalaryň elektrik häsiýetleri

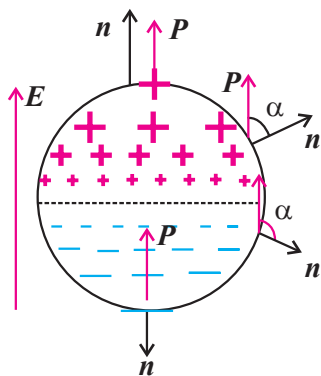
Elektrik meýdanyňyň öwrenmeklik geçirijileriň, dielektrikleriň, ýarymgeçirijileriň elektrik häsiýetlerini we kondensatoryň elektrik sygymyny öwrenmek bilen dowam etdirilýär. Bu babatda tebigatda bar bolan materiallar özläriniň elektrik häsiýetleri boýunça elektrik

toguny geçirijiler, dielektrikler (geçirmeýjiler) we ýarymgeçirijiler atlandyrylýan üç topara bölünmekleriniň sebäpleriniň biri hökmünde olaryň udel garşylyklaryny deňeşdirmeli. Mysal üçin, nusgawy fizikanyň nazaryýeti boýunça elektrik toguny geçirijiler diýip, udel garşylyklary ( $\rho=10^{-8}-10^{-6} \text{ Om} \cdot \text{m}$ ) aralygynda bolan maddalara düşünilýär. Udel garşylyklary ( $\rho = 10^6 - 10^{15} \text{ Om} \cdot \text{m}$ ) aralykda bolan maddalar dielektrikler hasaplanylýar. Ýarymgeçirijiler bolsa udel garşylyklary geçirijiler bilen dielektrikleriň aralygynda bolan maddalardyr.

Bu ýerde başda geçirijileriň düzümindäki erkin elektronlaryň özlerini alyp barylary, olaryň durnuklaşan halynda geçirijiniň içiniň hemme ýerinde elektrik meýdanynyň güýjenmesiniň nola deň ( $E_{ic} = 0$ ) bolýandygyny şonuň ýaly hem bu şertiň ( $E = -d\varphi/dx$ ) deňlige laýyklykda hemişelik potensialda ( $\varphi = \text{hemişelik}$ ) berjaý bolýandygyny düşündirmeli.

Soňra elektrik meýdanynda geçirijiler ýerleşdirilende erkin elektronlaryň paýlanyşlary we geçirijiniň içinde döreýän elektrik meýdanyň güýjenmesiniň daşky meýdanyň güýjenmesiniň garşysyna ugrugandygyny we olaryň modullary deňleşende zarýadlaryň paýlanyşynyň durnuklaşýandygyny bellemeli. Netijede, geçirijileriň bu häsiýetleriniň elektrostatik perde hökmünde, telewizion antenalaryň telewizora (týunerlere) elektrik signal getiriji kablelerde ulanylýandygyny okuwçylara düşündirmeli.

Soňra dielektrikleriň elektrik dipollardan durýandyklaryny, olaryň daşky elektrik meýdanda polýarlanmagy öwredilýär. Elektrik meýdanynda ýerleşdirilen dielektrikleriň üstünde polýarlanan üst zarýadlaryň döreýşini 2.3.13-nji surat mysalynda düşündirilse, okuwçylara has düşnükli bolar.



2.3.13-nji surat. Elektrik meýdanyndaky togalak dielektrigiň polýarlanmagy

Bu tema ýöriteleşdirilen synplarda öwredilende anizotrop di-elektriklerde göwrüm polýarlanma zarýadlarynyň hem döreýändigini düşündirilse maksadalaýyk bolar.

## **2.4. HEMIŞELIK ELEKTRIK TOGUNY ÖWRETMEGINÝ USULÝÝETI**

### **2.4.1. Hemişelik elektrik togunyň kanunlarynyň derňewi we öwrediliş usulyýeti**

Hemişelik elektrik togy düşünjesi umumybilim berýän orta mekdeplerde ilkinji gezek okuwyň I basgançagynda «Elektrik hadysalary» bölümde: «Jisimleriň elektriklenmegi. Zarýadlaryň iki görnüşi. Zarýadlanan jisimleriň özaratäsiri. Elektrik meýdany. Tebigatda we durmuşda elektrik hadysalary. Elektrik zarýadlaryň diskretligi. Elektron» temalardan soňra «Tok. Tok çeşmeleri. Akkumulýatorlar. Elektrik zynjyry. Toguň täsirleri. Toguň ugrý. Tok güýji. Ampermetr. Elektrik naprýaženiýesi. Tok güýjüniň naprýaženiýä baglylygy. Geçirijiniň garşylygy. Garşylygyň elektrik zynjyra birikdiriliş usullary. Zynjyryň bölegi üçin Omuň kanuny. Toguň işi we kuwwaty. Toguň ýylylyk täsiri we ş.m.» temalar bilen ösdürilýär. Soňra okuwyň II basgançagynda «Elektrodinamika» bölümünde «Hemişelik toguň kanunlary» bölümünde dowam etdirilýär. Fizikany öwretmegiň II basgançagynda «Tok güýji. Tok çeşmeleri. Toguň işi we kuwwaty» ýaly temalar ikinji gezek gaýtalanýandygy sebäpli, olaryň açylyp görkezilişini çuňlaşdyrylyp geçilýär.

Umumybilim berýän orta mekdeplerde başda hemişelik elektrik toguň umumy düşüňjeleri hemişelik toguň döremeginiň şertleri, togy äkidijiler, toguň ugrý, bölek elektrik zynjyry üçin Omuň kanuny öwredilýär.

Fizika-matematika ugurlary boýunça ýöriteleşdirilen synplarda bolsa elektrik zynjyryň bölegi üçin Omuň kanuny metel geçirijilerde togy äkidiji bolup hyzmat edýän erkin elektronlaryň eýe bolýan tizlenmesiniň üsti bilen düşündirilýär. Geçirijidäki ýylylyk hereketini ýerine ýetirýän her bir erkin elektrona geçirijidäki elektrik meýdany

tarapyndan  $F$  güýç täsir edýär we elektron geçirijidäki  $E$  wektoryň garşysyna  $a$  tizlenmeli tertipli herekete gelýär:

$$a = \frac{F}{m_e} = \frac{eE}{m_e} = \frac{eU}{m_e l}.$$

Elektronyň tertipsiz ýylylyk hereketiniň üstüne bu güýjüň täsiri bilen döreýän tertipli hereket goýulýar we elektron  $a$  tizlenmeli çylşyrymly hereket edip başlaýar. Elektron özüniň bu çylşyrymly hereketinde geçirijiniň kristal gözeneginiň düwünindäki položitel ionlar bilen iki yzygider çakyşmanyň arasynda

$$v = a\tau = \frac{eU}{m_e l} \tau, \quad (2.4.1)$$

bir tarapa ugrukdyrylan tizlige eýe bolýarlar. Bu deňligi  $I = enSv$  aňlatmada goýup,

$$I = \frac{e^2 n \tau}{m_e} \frac{S}{l} U, \quad (2.4.2)$$

geçirijiden geçýän toguň güýjüni onuň uçlaryna goýlan naprýaženiýe bilen baglanyşdyryp bolar.

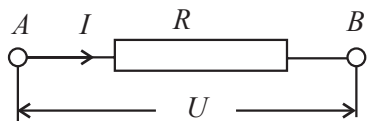
Geçirijiden geçýän toguň güýji bilen naprýaženiýäniň arasyndaky baglylyk koeffisiýentini  $1/R$  bilen belläliň. Onda

$$R = \frac{m_e}{e^2 n \tau} \frac{l}{S}, \quad (2.4.3)$$

ýazyp bolar. Ýa-da 2.4.3-nji deňligi göz önünde tutup, 2.4.2-nji deňligi

$$I = \frac{U}{R}, \quad (2.4.4)$$

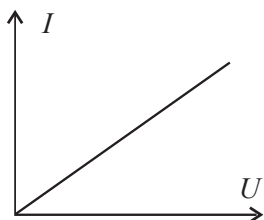
görnüşinde ýazyp bolar. Bu 2.4.4-nji deňlik 1827-nji ýylda nemes fizigi G.S. Om (1787–1854) tarapyndan tejribe netijesinde açylan we geçirijiniň **bölegi üçin Omuň kanuny** diýip atlandyrylýan kanunyň aňlatmasydyr. Bu ýerde  $R$  – geçirijiniň seredilýän böleginiň garşylygy



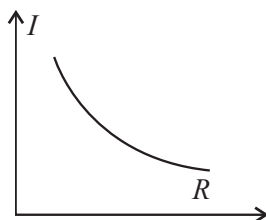
2.4.1-nji çyzgy. Hemişelik tok geçýän bölek geçiriji

(2.4.1-nji surat). Okuwçylara zynjyryň böleginden geçýän tok güýjüniň onuň uçlaryndaky naprýaženiýä we geçirijiniň garşylygyna baglylyk grafiklerini düşündirmeli (2.4.2-nji a, b

suratlar). Ölçeğleriň Halkara sistemasynda  $U$  woltlarda ( $W$ ),  $R$  Om-larda ( $Om$ ) hasaplanylýar.



a)  $R = \text{hemişelik}$



b)  $U = \text{hemişelik}$

2.4.2-nji surat. Omuň kanunynyň grafigi

Soňra silindr görnüşli metal geçirijiniň garşylygynyň onuň geometriki ölçeglerine baglylygyny görkezmek üçin 2.4.3-nji deňlikdäki

$\frac{m_e}{e^2 n \tau} = \rho$  bilen belläp,

$$R = \rho \frac{l}{S}, \quad (2.4.5)$$

ýazyp bolar. Bu ýerde  $\rho = RS/l$ -udel garşylyk atlandyrylýan skalýar ululyk. Ol geçirijiniň uzynlygyna we kese kesiginiň meýdanyna materialyna bagly ululykdyr.

Fizikada udel garşylyga ters bolan ululyga ( $\gamma = 1/\rho$ ) **elektrik geçirijilik** diýilýar. Birlikleriň HS-de,  $\gamma$  geçirijilik, siemenslerde (garşylygyň ölçeg birligine ters ( $Om^{-1}$ ) birlikde,  $\rho$  udel garşylyk bolsa, ( $Om \cdot m$ ) kesgitlenilýär.

Soňra elektrik zynjyryň bölegi üçin Omuň kanunundan peýdalanyp,

$$I = \frac{U}{R} = \frac{1}{\rho} \frac{U}{l} S = \gamma ES, \quad (2.4.6)$$

we  $I/S = j$ ;  $1/\rho = \gamma$  bilen belläp, ýokardaky deňligi

$$j = \gamma E, \quad (2.4.7)$$

elektrik zynjyryň bölegi üçin Omuň kanunynyň differensial (berlen nokadyny häsiýetlendirýän) görnüşde aňladyp bolar. Bu ýerde  $j$ -tok güýjüniň dykzlygy. Ol wektor ululyk bolup, geçirijiniň kese

kesiginiň birlik meýdanyndan wagt birliginde geçýän zarýadlaryň mukdaryna deňdir  $j = dq/(dS \cdot dt)$ . Bu deňlik wektor görnüşinde:

$$\mathbf{j} = \gamma \mathbf{E}, \quad (2.4.8)$$

aňladylýar. Ondan görnüşi ýaly  $\mathbf{j}$  wektoryň ugry  $\mathbf{E}$  wektor bilen ugurdaşdyr.

### 2.4.2. Metal geçirijiniň garşylygynyň temperatura baglylygy

Metal geçirijileriň garşylyklarynyň temperatura baglylygy ol materiallaryň senagatda, elektronikada, kompýuter tehnologiýasynda ulanylmagyna mümkinçilik dörettdi. Şonuň üçin hem, umumy we ýörite bilim berýän mekdeplerde geçirijileriň bu häsiýetini öwrenmek ýerliklidir. Şol sebäbe görä okuwçylara geçirijileriň temperaturasynyň ýokarlanmagy sebäpli metal geçirijilerde togy dörediji zarýadlanan bölejikler bolan erkin elektronlaryň tertipli hereketinde olaryň kristal gözenegiň düwünindäki ionlar bilen çakyşmasynyň ýygylgyny artdyryandygyny kepillendirmeli. Temperaturanyň artmagy geçirijilerdäki togy äkidiji erkin elektronlaryň kristal gözenegiň düwüninde garmoniki yrgyldaýan položitel ionlar bilen çakyşmagy artýar we elektronlar özleriniň energiýalaryny ýitirýärler. Netijede, energiýanyň ýitgisi ýylylyk görnüşinde bölünip çykýar.

Geçirijileriň  $0^\circ \text{C}$  temperaturadaky garşylygyny  $R_0$  we  $t$  temperaturadakysyny bolsa,  $R$  bilen bellesek, tejribäniň görkezişine görä garşylygyň otnositel üýtgemegini

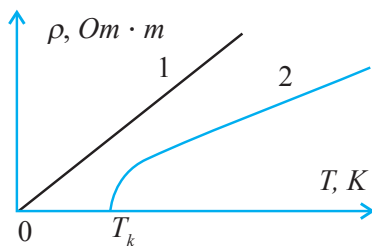
$$\frac{R - R_0}{R_0} = \alpha \Delta t, \quad (2.4.9)$$

görnüşinde ýazyp bolar. Bu ýerde  $\alpha$ - garşylygyň temperatura koeffisiýenti diýilýär. Ol geçirijini  $1\text{K}$  gyzdyrylanda, onuň garşylygyň otnositel üýtgemegine deňdir. Silindr şekilli geçirijileriň garşylygynyň aňlatmasy bolan Omuň kanunyndan peýdalanyň, geçirijileriň udel garşylygyň temperatura baglylygynyň aňlatmasyny getirip çykaryp bolar.

$$\rho_t = \rho_0(1 + \alpha \Delta t), \quad (2.4.10)$$



Bu ýerde  $\rho$ ,  $\rho_0$  deňişlilikde, geçirijiniň  $t$  we  $0^\circ C$  temperaturadaky udel garşylyklary. Garşylygyň  $\alpha$  termiki koeffisiýenti bolup, ol  $[K^{-1}]$  birlikde kesgitlenilýär. Hemme metal geçirijiler üçin  $\alpha > 0$  we temperaturanyň üýtgemegi bilen örän az üýtgeýär. Metal geçirijiler üçin 2.4.10-njy aňlatmanyň grafigi 2.4.3-nji a suratda görkezilen. Eger geçirijiniň temperaturasynyň üýtgemek çägi örän uly bolmadyk ýagdaýlarynda ony hemişelik hasaplap, onuň orta bahasyny ulanyp bolar. Arassa (garyndysyz) metallar üçin  $\alpha \approx \frac{1}{273} K^{-1}$  ululyga deňdir.



2.4.3-nji a surat. Metal geçirijileriň udel garşylygynyň temperatura baglylygy

Garşylygyň  $\alpha$  termiki koeffisiýentiniň örän kiçi bolmagyna garamazdan gyzydryjy abzallar ýasalanda onuň hasaba alynmagy hökmandyr. Mysal üçin, gyzydrylýan sapajykly elektrik çyralarynyň wolfram sapagynyň üstünden tok geçende onuň garşylygy, takmyn, 10 esse artýar.

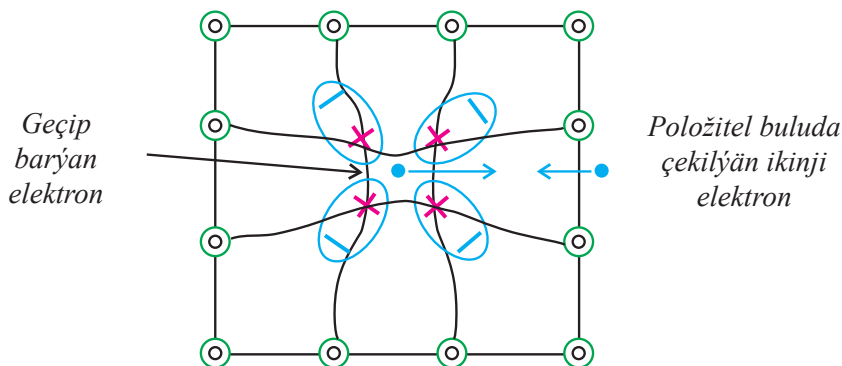
Okuwçylara geçirijileriň temperaturasyny absolýut nol temperatura golaýlaşdyrylanda olaryň özlerini alyp barylary adaty temperaturadakysyndan düýpgöter tapawutlanýandygyny düşündirmeli. Uly temperaturalarda maddalaryň düzümindäki kiçijik bölejikleriň ýylylyk hereketi netijesinde ýüze çykaryp bolmaýan hadysalaryň pes temperaturada duýulýandygyny, ýüze çykarylýandygyny okuwçylaryň aňyna ýetirmeli. Şonuň ýaly hadysalaryň iň wajyby hem absolýut nol gradusa golaý temperaturada käbir maddalaryň özüniň üstünden hiç hili garşylyksyz elektrik toguny geçirip bilmek häsiýeti **aşageçirijilik hadysasynyň** döreýändigini anyklanyldy.

Aşageçiriji häsiýetli maddalar barada fizika-matematika ugurlary boýunça ýöriteleşdirilen mekdeplerde has hem aýdyňrak we giňişleýin maglumat berilse talabalaýyk bolar.

Metallardaky elektronlar aşageçiriji ýagdaýynda Kulon özara itekleşme güýçleri bilen bir hatarda has uly özara dartylma güýçleriniň täsirinde bolýarlar. Netijede, erkin elektronlar özara birleşip,

Kuper jübüti diýlip atlandyrylýan iki elektrondan ybarat bolan birleşmäni emele getirýär (2.4.3-nji b surat). Başgaça aýdylanda, bu Kuper jübütine bozon hem diýilýär. Kuper jübütleri ylalaşykly herekete gelip, bu ýagdaýda kesgitsiz uzak wagt saklanyp bilýär. **Jübütleriň kristal gözenegiň düwünindäki ionlar bilen çakyşman ylalaşykly hereketi aşageçiriji elektrik toguny döredýär.**

Adaty şertlerde geçirijilerden elektrik togy geçende geçiriji elektronlaryň kristalyň atomlary (has takygy ionlary) bilen çaknyşmagy zerarly, energiýanyň ýitgisi bolup geçýär. Elektron aşageçiriji halynda kristal gözenegiň içinde hereket edende, ol özüni gurşap alan atomlary polýarlaýar we bu polýarlanan atomlar bilen hut şol elektronyň arasynda Kulon özaratäsiri esasynda gözenegiň gurluşy az-owlak deformirlenýär. Eger kristal gözenek ýeterlik derejede «ýumşak» bolsa, onda onuň deformirlenen halda bolmak dowamlylygy has uzaga çekýär.



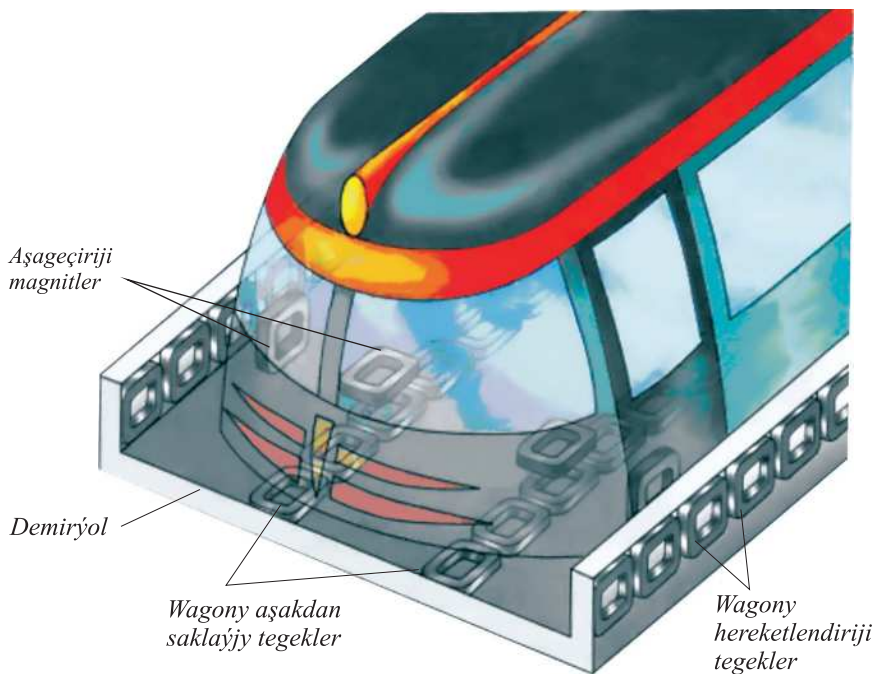
2.4.3-nji b surat. Aşageçiriji halyndaky geçirijilerde kristal gözenegiň deformasiýasy we Kuper jübütiniň döremegi

Ol ýagdaý elektron geçip gidenden soňra hem gysga wagtlap saklanyp galýar. Bu ýagdaýda hereket edýän elektronlaryň daşynda pursatlaýyn položitel zaryadlaryň «buludy» saklanyp galýar. 2.4.3-nji b suratda görkezilişi ýaly, bu «bulut» öňki elektronyň garşysyna hereket edip gelýän ikinji elektrony özüne çekýär. Iki elektronyň bir-birini çekmegi kristal gözenegiň kömegi bilen amala aşyrylýar. Şeýlelikde, ýokarda agzalan gowşak baglanyşykly haldaky Kuper jübüti emele gelýär.

Aşageçiriji hadysasy açylanyndan örän köp wagt geçeninden soňra özüniň üstünden uly toklary geçirip, uly magnit meýdanlarynda-da aşageçiriji häsiýetini durnukly saklamaga ukyply geçiriji maddalar tapyldy. Bu maddalar uly energiýanyň fizikasynda, gaty maddalary öwrenmekde, elektrotehnikada we hatda ýol transportynda wajyp orny eýeleýärler.

Aşageçiriji magnitler «magnit ýassykly» atlandyrylýan otlularda ulanylýar (2.4.4-nji surat). Mysal üçin, Ýaponiýada 7 kilometr uzynlykly, takmyn, 500 km/sag tizlik bilen hereket edýän magnit ýassykly tejribe demir ýol otlusy ulanylýar.

Ägirt uly kuwwatlykly (ýüz we uly megawatlyk) elektrik hereketlendirijiler we generatorlar döredilenden soňra aşageçiriji magnitleri elektrotehnikada ulanmak mümkinçiligi dörär.



2.4.4-nji surat. Magnit ýassykly otlý

Kuwwatly aşageçiriji magnitler edara edilýän termoýadro sintezinde zarýadlanan bölejikleriň tizlendirijilerinde ulanylýar. Aşageçiriji sistema dünýäde ilkinjileriň hatarynda Russiýada «Tokamak-7»

termoýadro sintez we özünde 600 MJ energiýany toplamaga ukyply «Tokamak-15» gurluşlarda ulanylýar. Bular ýaly geljekdäki dörediljek ägirt uly energiýa niýetlenen gurluşlary aşageçirijisiz ulanmak mümkin däl.

Energetikanyň geljegi üçin elektrik energiýany uzak aralyga geçirmegiň we ony toplam saklamagyň täze işjeň usullarynyň işlenilip düzülmegi örän wajypdyr. Bu meseleleri çözmekde hem aşageçirijiler aýgytlaýjy orny eýelärler. ABŞ-nyň Wiskon uniwersitetiniň alymlary elektrik energiýany toplam saklaýjy sistemanyň taslamasyny işläp düzdüler. Diametri 100 metr bolan ägirt uly aşageçiriji tegek dagyň aşagynda ýörite döredilen ötükde ýerleşdirilen. Onda suwuk geliniň kömegi bilen absolýut nola golaý temperatura saklanylýar. Bu tegekde dörediljek togtamaýan aşageçiriji tok  $4 \cdot 10^{11} J$  bolan ägirt uly energiýany özünde uzak wagtlap saklar diýlip çaklanylýar.

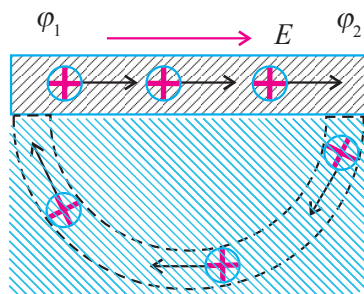
**Ýokary temperaturaly aşageçirijilik.** 1998-nji ýylda ýokary temperaturaly aşageçirijilikli madda açyldy. Ol  $T_k=100K$  temperaturada aşageçiriji halyna geçýän lantanyň, bariniň we beýleki maddalaryň çylşyrymly oksid birleşmeleriniň esasynda alnan (keramiki) maddadyr. Soňra  $Ti-Ca-Ba-Cu-O$  ulgamynda  $T_k=125 K$  bolan materiallar tapyldy. Bu maddalaryň kritiki temperaturasy bir atmosfera basyşynda geliniň gaýnama temperaturasyndan ýokary bolan temperaturadyr.

Bu ýokary temperaturaly aşageçiriji materiallaryň dürli tehnologik gurluşlarda ulanylmak mümkinçiligi çäklidir. Sebäbi, bu materiallary uly ölçegde ýasap bolanok we olaryň örän port bolmagy sebäpli olary geçiriji hökmünde ulanmak juda kyn. Şonuň üçin hem ýokary temperaturaly aşageçiriji materiallarynyň tehnologiki proseslerde ulanmak amatlylygynyň bolmagy hem wajypdyr.

### **2.4.3. Elektrik zynjyryň birhilli däl bölegindäki kanunlaryň öwrediliş usulyýeti**

Elektrik geçirijilerden hemişelik toguň geçmeginiň esasy ýardamçysy tok çeşmesidir. Tok çeşmesi özüniň tebigaty boýunça elektrostatik meýdanynyň ýerine ýetirip bilmeýän işini, ýagny geçiriji-

niň potensialy kiçi nokadyndan onuň potensialy uly nokadyna zaryadlanan bölejikleri geçirmäge ukyplydygyna okuwçylaryň düşünmeklerini gazanmaly. Şonuň üçin, seredilýän geçirijide elektrik togy položitel zaryadlar tarapyndan döredilýär hasaplalyň. Geçirijide elektrik toguň uzak wagtlap dowam etmegi üçin geçirijiniň uçlarynyň potensialynyň kiçi ýerlerinde toplanan položitel zaryadlary



2.4.5-nji surat. Ýapyk elektrik zynjyrynyň mysaly

onuň potensialy uly bolan ýerine üznüksiz dolanyp gelmeklerini üpjün etmelidir (2.4.5-nji surat). Bu bolsa hemişelik elektrik toguň çyzyklarynyň bütewidigini aňladýar. Elektrostatik meýdanynyň  $E$  güýjenmesi geçiriji boýunça potensialyň uly nokadyndan onuň kiçi nokadyna ( $\phi_1 > \phi_2$ ) tarap ugrugandyr. Ýagny  $E$  wektoryň güýç çyzyklary ýapyk geçiriji halka boýunça aýlanmaýar. Diýmek, seredilen mysalda elektrik toguny dörediji položitel zaryadlary potensialyň kiçi kesiminden onuň uly kesimine gaýtaryp getirmek üçin tebigaty elektrostatiki bolmadyk meýdanlaryň güýçleri zerurdyr. Şeýle, güýçlere **gaýry (daşky) güýçler** diýilýär. *Olar himiki hadysalarda, birhilli däl sredalarda elektrik toguny dörediji bölejikleriň diffuziýasynda, iki dürli geçirijileriň sepleşme çäginde we ş. m. döreýärler.*

**Gaýry güýçler ( $F^*$ ) zynjyrdaky položitel zaryadlary süýşürmek üçin özleriniň ýerine ýetirýän ( $A^*$ ) işleri boýunça häsiýetlendirilýär. Birlik položitel zaryadlary göçürmek (süýşürmek) üçin gaýry güýçleriň ýerine ýetirýän işlerine deň bolan ululyga zynjyrdaky (ýa-da onuň bölümünde) täsir edýän EHG diýilýär, ýagny:**

$$\varepsilon = \frac{A^*}{q}. \quad (2.4.11)$$

Zaryadlara täsir edýän gaýry güýçleri

$$F^* = qE^*, \quad (2.4.12)$$

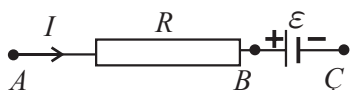
görnüşde ýazyp bolar. Bu ýerde  $E^*$  – gaýry güýçleriň elektrik meýdanynyň güýjenmesi. Gaýry güýçleriň elektrik zynjyryň 1–2 bölmeleriniň arasynda  $q$  zaryady göçürmek üçin ýerine ýetirýän işiniň

$$A_{12}^* = \int_1^2 F^* dl = q \int_1^2 E^* dl,$$

aňlatmasy alyndy. Ýa-da 2.4.11-nji aňlatma esasynda

$$\varepsilon_{12} = \int_1^2 E^* dl, \quad (2.4.13)$$

görnüşde ýazyp bolar. Eger göçürilýän zaryadyň ahyrky 2-nji nokady onuň hereketiniň başlangyç nokady bilen gabat gelse, zaryad halka boýunça hereketlendirilip hereketiň başlangyç nokadyna getirilende, 2.4.13-nji aňlatma nähili görnüşi aljakdygyny okuwçylaryň özleriniň düşünmekleri zerurdyr.



2.4.6-njy surat. Zynjyryň birhilli däl bölegi

**Elektrik zynjyryň birhilli däl bölegi.** Elektrik zynjyryň iş salşylyan böleginde elektrostatik we gaýry meýdanlaryň güýçleri täsir edýän bolsa, **zynjyr birhillidäl hasaplanylýar** (2.4.6-njy surat). Diýmek, birhilli däl

zynjyryň böleginde togy dörediji zaryadlara gaýry we elektrostatik güýçler täsir edýärler:

$$\mathbf{F} = \mathbf{F}_{el} + \mathbf{F}^* = q(\mathbf{E} + \mathbf{E}^*). \quad (2.4.14)$$

Zynjyryň  $A$ - $C$  bölmelerinde  $q$  zaryad göçürilende bu güýçleriň ýerine ýetirýän işi aşakdaky ýaly kesgitlenilýär:

$$A_{AC} = q \int_A^B E dl + q \int_B^C E^* dl = q(\varphi_A - \varphi_B) + q\varepsilon_{BC}. \quad (2.4.15)$$

**Položitel birlik zaryady göçürmek üçin elektrostatik we gaýry güýçleriň ýerine ýetirýän işlerine san taýdan deň bolan ululyga naprýaženiýäniň pese düşmegi ýa-da ýöne « $U_{AC}$ » naprýaženiýe diýilýär.** Ýokardaky 2.4.15-nji aňlatmadan naprýaženiýe baradaky aýdylanlary göz önünde tutup, ol aňlatmany

$$U_{A\zeta} = \varphi_A - \varphi_B \pm \varepsilon_{B\zeta}, \quad (2.4.16)$$

görnüşinde ýazyp bolýar. Bu ýerde  $\varepsilon_{B\zeta}$  zynjyryň  $B\zeta$  bölegine dakylan tok çeşmesiniň EHG-si. Bu aňlatmadaky EHG-niň önünde plýus–minus alamatyň goýulmagy onuň zynjyra dakylyşyna baglylykda plýus ýa-da minus edilip alynýandygy üçindir. Eger tok çeşmesi zynjyryň  $A\zeta$  böleginden geçýän toga ýardam berýän bolsa, onda ol plýus alamatly, päsgelçilik döredende, ýagny (2.4.6-njy suratdaky) ýaly dakylanda bolsa, ol otrisatel hasaplanylýar.

Zynjyrdä *gaýry güýçleriň täsir etmeýän bölümleri birhilli* hasaplanylýar. Zynjyryň birhilli bölegi üçin

$$U_{AB} = \varphi_A - \varphi_B, \quad (2.4.17)$$

görnüşe eýe bolar, *ýagny elektrik zynjyrlaryň birhilli böleginde naprýaženiýe potensiallaryň tapawudyna deňdir.*

#### 2.4.4. Zynjyryň birhilli däl bölegi üçin Omuň kanuny

Elektrik zynjyryň birhilli däl böleginde elektrik toguny döretmäge gatnaşýan bölejiklere  $eE$  elektrostatik güýçden başga-da,  $eE^*$  gaýry güýçler täsir edýärler. Gaýry güýçler hem edil 5 güýçler ýaly, elektrik toguny döredýän bölejikleri bir tarapa tertipli herekete getirmäge ukyplydyrlar. Omuň kanunynyň differensial görnüşine laýyklykda meýdanyň güýjenmesi bilen elektrik toguny döredýän bölejikleriň tertipli hereketiniň orta tizligi özara göni baglanysykdaýrlar. Ýagny zarýadlaryň geçirijidäki tertipli hereketiniň orta tizligi  $qE$  elektrostatik güýje göni baglydyr. Diýmek, eger seredilýän böleklerde elektrostatik güýçlerden başga-da,  $eE^*$  gaýry güýç bar bolsa, onda zarýadlanan bölejigiň tertipli hereketiniň orta tizligi bu güýçleriň ikisine hem çyzykly baglanyşyklydyr. Bu elektrik toguň dykzylygynyň elektrik meýdanlaryň  $E$  we  $E^*$  güýjenme wektorlarynyň ikisiniň hem jemine göni baglanyşykda diýiligidir:

$$\mathbf{j} = \gamma (\mathbf{E} + \mathbf{E}^*). \quad (2.4.18)$$

Bu aňlatma zynjyryň birhilli däl bölegi üçin Omuň kanunynyň differensial aňlatmasydyr, ýagny geçirijiniň berlen nokadyny häsiýetlendirýän ululykdyr.

Geçirijiniň uçlaryndaky naprýaženiýäni  $U=IR_d$  hasaplap, ol ýerden bolsa

$$I = \frac{\varphi_1 - \varphi_2 \pm \varepsilon}{R_d}, \quad (2.4.19)$$

zynjyryň birhilli däl bölegi üçin Omuň kanunynyň integral görnüşindäki aňlatmasy *ýazyp bolar*. Bu ýerde  $R_d = R + r$  elektrik zynjyryň daşky we içki garşylyklarynyň jemi. Eger seredilýän elektrik zynjyry ýapyk (bütewi) we ol birnäçe tok çeşmesini özünde saklaýan bolsa, onda  $\varphi_1 = \varphi_2$  bolar. Bu halda 2.4.19-njy deňlik:

$$I = \frac{\sum_{k=1}^N \varepsilon_k}{R + r}. \quad (2.4.20)$$

Bu 2.4.20-nji deňlik *doly zynjyr üçin Omuň kanuny*. Ol, ýapyk zynjyrdaky tok güýjüniň ululygy zynjyrdaky tok çeşmeleriň EHG-leriniň algebraik jemine göni, zynjyryň içki we daşky garşylygynyň jemine bolsa, *ters baglanyşykdadyr* diýlip okalýar.

Seredilýän zynjyra EHG-si özara deň bolan  $N$  sany tok çeşmesi yzygider birikdirilen ýagdaýynda (2.4.20-nji) deňligi

$$I = \frac{N\varepsilon}{R + Nr} = \frac{\varepsilon}{\frac{R}{N} + r}, \quad (2.4.21)$$

görnüşinde ýazyp bolar.

Eger EHG-si özara deň bolan  $N$  sany tok çeşmeleri özara parallel birikdirilse, onda doly zynjyr üçin Omuň kanunyny

$$I = \frac{\varepsilon}{\frac{R}{N} + r}, \quad (2.4.22)$$

görnüşe getirip bolar. Bu deňlikleriň ikisinde-de  $r$ -seredilýän zynjyrlardaky bir tok çeşmesiniň içki garşylygy. Sapagy dogry özleşdiren okuwçylar (2.4.21) we (2.4.22) aňlatmalara degişli çyzgyny çyzyp we bu aňlatmalary getirip çykarmagy başarmaly.

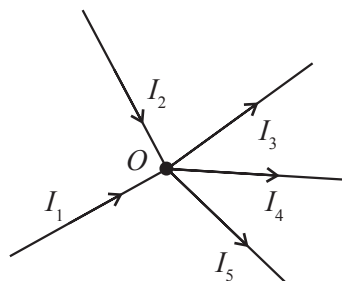


### 2.4.5. Kirhgofyň düzgünleri

**Geçirijileriň düwüni.** Elektronikada we elektrotehnikada birnäçe geçiriji simleriň birleşýän ýerleri köp duşýar. Fizikada iki we köp geçiriji simleriň birigýän nokadyna **düwün** diýilýär. Diýmek, elektrik çyzyglardaky düwün şahalanýan geçirijileriň birleşýän nokadydyr we ol çyzyglarda nokat bilen bellenilýär. Eger çyzyglarda geçirijiler biri-biriniň üstünden geçende olaryň kesişme ýerinde nokat goýulmadyk bolsa, onda bu geçirijileriň özara elektrik tokdan goraglydygyny, ýagny düwün emele getirmeýändigini aňladýar.

**Kirhgofyň düzgünleri.** Radioelektronikada ulanylýan çylşyrymly çyzyglaryň hasabyny Omuň kanuny boýunça ýerine ýetirmek aşa kynçylyklary döredýär. Bu hili hasaplamalary ýeňilleşdirmek maksady bilen nemes fizigi G.R. Kirhgof (1824–1887) iki sany düzgün girizipdir. Fizikada ol düzgünler **Kirhgofyň düzgüni** atlandyrylýar. Bu düzgünler boýunça şahalanan zynjyrdaky tok güýçleriniň ululygyny aňsat hasaplap bolýar. Kirhgofyň düzgünleri zynjyrdaky zarýadlaryň we energiýanyň saklanma kanunundan getirilip çykarylan.

**Kirhgofyň birinji düzgüni:** *zarýadlaryň saklanma kanunynyň esasynda düwne girýän we ondan çykýan tok güýçleriniň jemi özara deňdirler (2.4.7-nji surat).*



2.4.7-nji surat. Sahalanýan toklar

$$I_1 + I_2 = I_3 + I_4 + I_5. \quad (2.4.23)$$

*Kirhgofyň birinji düzgünini başgaça: şahalanma nokadynyndaky hemme tok güýjüniň algebraik jemi nola deňdir diýip, hem aýdyp bolar.*

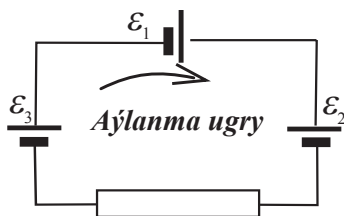
$$\sum_{k=1}^N I_k = 0. \quad (2.4.24)$$

**Kirhgofyň ikinji düzgüni:** *ýapyk elektrik zynjyry birnäçe tok çeşmelerinden ybarat bolsa, onda zynjyrdaky potensiallaryň pese*

*gaçmalarynyň jemi zynjyra birikdirilen EHG-leriň algebraik jemine deňdir*

$$\sum_i U_i = \sum_k \varepsilon_k. \quad (2.4.25)$$

Fizika-matematika ugurlar boýunça okaýan synplaryň okuwçylarynyň hut özleriniň ýapyk birhilli däl elektrik zynjyry üçin



2.4.8-nji surat. Birhilli däl ýapyk elektrik zynjyry

Omuň kanunyndan Kirhgofyň ikinji düzgüniniň aňlatmasyny getirip çykar-magy başarmaly. Almatlarda ýalňyş-mazlyk üçin, geçiriji halkada (kon-turda) aýlanmanyň položitel (tehniki) ugry hökmünde kesgitli ugur kabul edilýär, (2.4.8-nji surat). Aýlanma ugry hökmünde bu ýerde sagat peýka-mynyň hereket ugry kabul edilen.

Özünde islendik sanda gaýry EHG-leriň çeşmelerini saklaýan ýapyk geçiriji halkada  $\sum_n U_n = \pm I \sum_k R_k$  bolany üçin 2.4.25-nji deň-lemäni umumylaşdyryp bolar: ***ýapyk geçiriji halkada bar bolan tok güýçleriniň ululygynyň zynjyryň içki we daşky garşylyklarynyň jemine köpeltmek hasyly geçiriji halkada bar bolan EHG-leriň al-gebraik jemine deňdir***

$$\pm I \sum_i R_i = \pm \sum_k \varepsilon_k. \quad (2.4.26)$$

Bu deňlikdäki tok güýjüniň we EHG-niň öňündäki  $\pm$  alamatlar, ýokarda agzalan şert boýunça alynmalydyr. Mysal üçin, 2.4.8-nji su-ratda görkezilen geçiriji halka üçin 2.4.26-njy deňlemäni aşakdaky görnüşde ýazmaly:

$$I(R + r_1 + r_2 + r_3) = \varepsilon_1 - \varepsilon_2 + \varepsilon_3, \quad (2.4.27)$$

bu ýerde  $r_1, r_2, r_3$  – gaýry EHG-leriň içki garşylyklary,  $R$  daşky zyn-jyryň garşylyklarynyň jemi. Agzalan deňleme bilen hasaplanylýan tok güýji položitel baha eýe bolanda, onuň ugry geçiriji halkadaky tehniki aýlanmanyň položitel ugry bilen gabat gelýär. Goý, seredilýän zynjyr-daky toguň ugry geçiriji halkada kabul edilen aýlanmanyň položitel

ugry bilen gabat gelyär diýeliň. Bu şertde ilki bilen tok çeşmeleriniň otrisatel gysgyjy gabat gelyän çeşmeleriň EHG-leri položitel, tersine, položitel gysgyjy gabat gelyän çeşmeleriň EHG-leri bolsa, otrisatel hasaplanylýar (2.4.8-nji sur. ser.). Hasaplamalaryň netijesinde alnan tok güýçleriniň ululyklaryny otrisatel alamatlylarynyň hakyky ugry çyzygyda görkezilen ugruň garşysyna bolmalydygyny okuwçylara düşündirmeli.

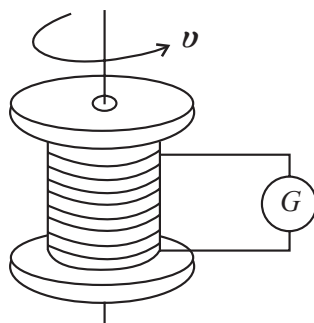
## 2.5. DÜRLI SREDALARDAKY ELEKTRIK TOGUŇ DERŇEWI WE ÖWREDILIŞ USULÝETI

Hemişelik toguň kanunlary öwrenilenden soňra okuwçylar metallardaky, ýarymgeçirijilerdäki, wakuumdaky, suwuklyklardaky we gazlardaky elektrik toklaryň kanunlaryny okuwyň dowamynda öwrenýärler. Olaryň arasyndaky meňzeşlikler we çaprazlyklar, olaryň her biriniň senagatda, elektronikada we ylymda ulanylyşy bilen tanyşdyrylýar.

### 2.5.1. Metallardaky elektrik toguň kanunlarynyň öwredilişi

Metallardaky elektrik togy öwrenilende olaryň geçirijiliginiň elektron nazaryýeti düşündirilýär we togy äkidiji bolup, erkin elektronlaryň hyzmat edýändiglerini rus alymlary L.I. Mandelştam (1879–1944) we N.D. Papaleksi (1880–1947), amerikan alymy Riçard Tolmen (1881–1948) we şotlandiýaly alym Balfur Stýuart (1828–1917) dagylaryň geçiren tejribeleriniň (2.5.1-nji surat) esasynda kepillendirilýär.

Olar uzynlygy 500 metr bolan simden saralan tegegi 300 m/s çyzyk tizligi bilen öz okunyň daşynda aýlapdyrlar. Tegek birden togtadylanda, elektrik toguny dörediji bölejikler inersiýa boýunça geçirijiniň içinde hereketini dowam etdirip, onuň kese



2.5.1-nji surat. Aýlawly hereketdäki uýy galwanometrli tegek

kesiginden akyp geçýän zarýadlaryň mukdaryny galwanometr bilen ölçäpdirler. Bu tejribelerde kesgitlenen zarýadyň mukdaryny ulanyp:

$$q = \int dq = - \int_{v_0}^0 \frac{mI}{eR} dv = \frac{m}{e} \frac{1}{R} v_0$$

aňlatma boýunça hasaplanyp, tapylan udel zarýad  $e/m = 1,8 \cdot 10^{11} \text{ Kl/kg}$  deň bolýandygyny okuwçylara ýatlatmaly. Udel zarýadyň bu bahasy öň başga tejribelerde hasaplanyp tapylan elektronyň udel zarýadyna örän golaý bolupdyr. Şeýlelikde, **metallarda elektrik toguny dörediji bolup, erkin elektronlaryň hyzmat edýändikleri subut edilen.**

Soňra ideal gazyň kinetik nazaryýetini elektron gazy üçin ulanyp:

$$\langle v_{yh} \rangle = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m}},$$

elektronyň ýylylyk hereketiniň orta tizligi ( $T=300K$ )  $\langle v_{yh} \rangle = 10^5 \text{ m/s}$  hasaplanýan.

Ikinji tarapdan bolsa  $j = en \langle v_t \rangle$  deňleme boýunça mis siminiň  $1 \text{ m}^2$  kese kesiginiň üstünden  $10^7 \text{ A}$  tok güýjüni geçirmäge ukyplydygyny hasaba alyp, onuň  $1 \text{ mm}^2$  kese kesik meýdany öz üstünden  $j = 10 \text{ A/mm}^2$  tok güýjüniň dykzlygyny geçirýändigini we islendik geçirijiniň  $1 \text{ m}^3$  göwrümünde, takmynan,  $10^{29} \text{ 1/m}^3$  erkin elektronyň bardygyny hasaba alyp, metal geçirijileriň içindeki zarýadlaryň tertipli hereketiniň orta tizliginiň  $\langle v_t \rangle = \frac{j}{en} = 10^{-3} \frac{\text{m}}{\text{s}}$  tertipedigi hasaplanan. Elektronlaryň tertipli hereketiniň orta tizligi onuň ýylylyk hereketiniň orta tizliginden  $10^8$  esse kiçidir. Şonuň üçin hem netijeleyji tizligiň ululygy hasaplanylanda, diňe ýylylyk hereketiniň ululygy bilen çäklenilende-de uly ýalňyşlyk daldigini okuwçylara düşündirmeli.

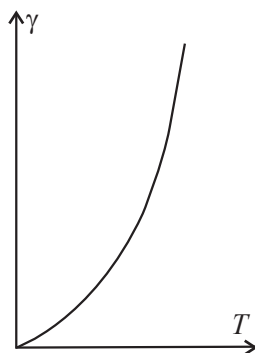
### 2.5.2. Ýarymgeçirijilerdäki elektrik togy

Ýarymgeçirijiler elektrik häsiýetleri boýunça metallar bilen dielektrikleriň arasynda ýerleşendirler. Ýarymgeçirijileriň metal geçirijilerden esasy tapawutlylyklarynyň biri bolan temperaturanyň ýokarlanmagy bilen olaryň elektrik geçirijiliginiň eksponensial (natu-

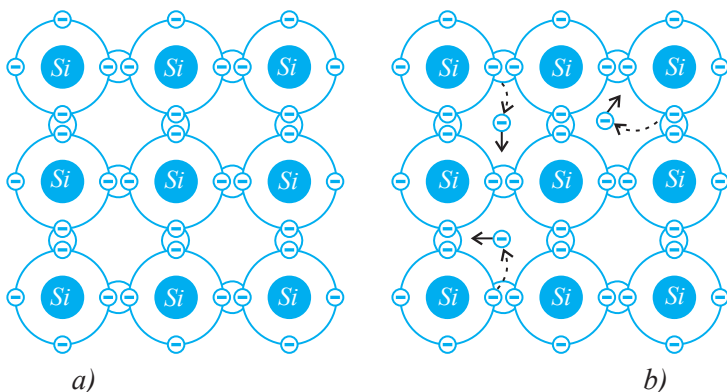
ral logarifmiň esasynyň  $e$  derejesi boýunça) artýandygyny okuwçylara düşündirmelidir (2.5.2-nji surat).

Arassa ýarymgeçirijiler D.I. Mendeleýew tarapyndan düzülen maddalaryň periodiki sistemanyň IV toparynda ýerleşen dört walentli kremniý ( $Si$ ), germaniý ( $Ge$ ) we ş.m. maddalar hasaplanylýar. Bu maddalaryň walent elektronlary goňşy atomlaryň walent elektronlary bilen goşa elektron arkaly baglanyşyklydyrlar. Bu baglanyşyga himiýada *kowalent baglanyşyk* diýilýär (2.5.3-nji a surat).

Ýarymgeçiriji kristallaryň pes temperaturalarynda kowalent baglanyşyk berkdir we temperaturanyň artmagy bilen ol baglanyşyk gowşaýar. Netijede, atomlar özleriniň elektronlaryny ýitirýärler we hereketsiz položitel ionlara öwrülýärler. Elektronlardan boşan, otrisatel zarýadlaryň ýetmezçilik edýän ýerleri položitel kwazi bölejik hökmünde garalýar.



2.5.2-nji surat.  
Ýarymgeçirijileriň  
geçirijiliginiň  
temperatura baglylygy



2.5.3-nji surat. Hususy ýarymgeçirijileriň tekizlikdäki gurluşy:  
a) – kowalent baglanyşyk; b) – kowalent baglanyşygyň bozulmagy

Bu položitel kwazi bölejikleri inlis fizigi Pol Dirak *deşik* diýip atlandyrypdyr. Diýmek, deşik položitel zarýadlanan, onuň *maksimal energiýasy walent gabykdaky elektronlaryň energiýasyndan uly däl-dir*. Ýagny deşik walent gabyklaryň çäginde hereket edýän položitel

bölejikdir. *Şunlukda, kowalent baglanyşygyň bozulmagy bilen elektrik toguny döretmäge ukyply bolan elektronlar we deşikler döreýärler.* Kristalyň uçlarynda potentsiallaryň tapawudy nola deň ýagdaýynda ( $\Delta\varphi = 0$ ) agzalan elektronlar we deşikler tertipsiz ýylylyk hereketine gatnaşýarlar (2.5.3-nji *b* surat). Bu halda elektronlar walent elektrik gabygyndan uly energiýa degişli bolan giňişlikde, deşikler bolsa walent gabykdaky elektronlaryň energiýasyna degişli çäkten aşakda tertipsiz hereket edýärler.

Eger kristalyň uçlaryndaky potentsiallaryň tapawudy noldan uly ( $\Delta\varphi > 0$ ) bolsa, onda agzalan elektronlar elektrik meýdanynyň güýjenmesiniň *E* wektorynyň garşysyna deşikler bolsa walent gabygyň energiýasyna degişli çäkten aşakda onuň ugruna tertipli herekete gelýärler. Netijede, ýarymgeçirijiniň üstünden elektrik togy geçip başlaýar. Ýarymgeçirijileriň munuň ýaly geçirijiligine ***hususy geçirijilik*** diýilýär. Diýmek, ***hususy geçirijilikde elektrik toguny äkidiji bolup, elektronlar we deşikler hyzmat edýärler.*** Hususy geçirijilikli ýarymgeçirijilerde togy äkidijileriň kowalent baglanyşygyň bozulmagy esasynda döreýändigini okuwçylaryň aňlamaklary hökmandyr.

Hususy geçirijilikli ýarymgeçirijilerdäki elektronlar bilen deşikler duşuşan ýagdaýlary olar birigip, bitarap molekula öwrülýärler.

Hususy geçirijilikli ýarymgeçirijileriň elektrik geçirijiligi elektronlaryň we deşikleriň elektrik geçirijiliginiň jemine deňdir:

$$\gamma = \gamma_n + \gamma_p.$$

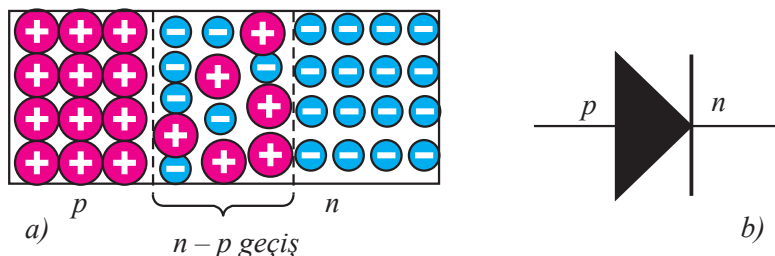
Bu ýerde  $\gamma_n, \gamma_p$ , – degişlilikde, elektronlaryň we deşikleriň tertipli hereketi bilen döreýän elektrik geçirijilik.

Ýokarda bellenilişi ýaly, ýarymgeçirijiniň temperaturasynyň artmagy bilen onuň geçirijiligi eksponent boýunça artýar:

$$\gamma = \gamma_0 e^{-\Delta W/(kT)} = \gamma_0 \exp\left(-\frac{\Delta W}{kT}\right), \quad (2.5.1)$$

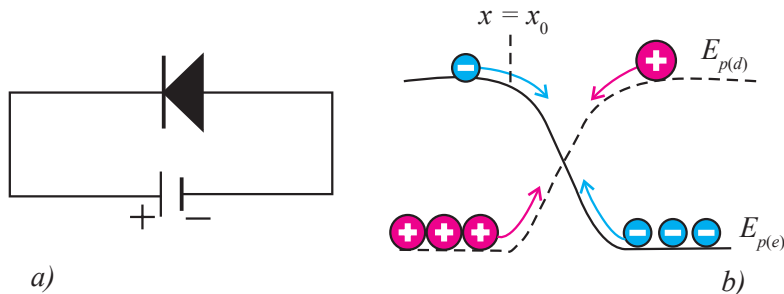
bu ýerde  $\gamma_0$  – geçirijiligiň hemişelik koeffisiýenti (onuň temperatura bagly üýtgemegi *e* dereje bilen deňeşdirilende ujypsyzdyr),  $\Delta W$  – erkinlige çykan elektronyň energiýasy bilen walent gabykdaky elektronyň energiýa tapawudy, *k* – Bolsmanyň hemişeligi; *T* – ýarymgeçirijiniň temperaturasy.

Elektronyň zaryadynyň otrisatel bolany üçin ýarymgeçirijileriň fizikasy öwrenilende ony (negativ sözün birinji harpy)  $n$ , deşigi bolsa onuň zaryadynyň položitel (pozitiv sözün birinji harpy)  $p$  bilen belgilenilýär. Köplenç, fizikada ýarymgeçirijilerde elektron geçirijilikli diýmän,  $n$  geçirijilikli we deşikli geçirijä derek bolsa  $p$  geçirijilikli diýilýär.



2.5.4-nji surat. a) – ýarymgeçirijide  $n$ - $p$  geçiş; b) – ýarymgeçiriji diod

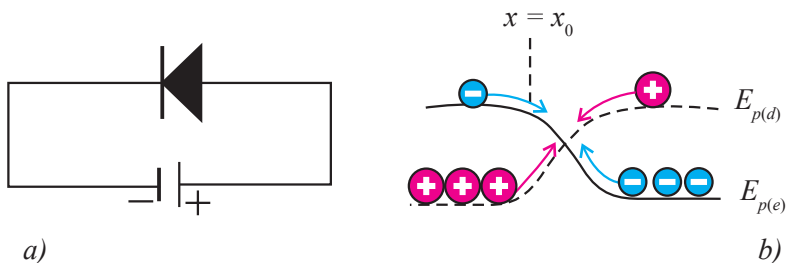
Bu ýerde garyndyly ýarymgeçirijileri öwrenmek hökmandyr. Sebäbi, elektron gurluşlaryň esasy bolan ýarymgeçiriji diodlar we tranzistorlar garyndyly ýarymgeçirijiler esasyda ýasalýar.



2.5.5-nji surat. a) – ýarymgeçiriji diodyň ugurdaş däl birikdirilişi;  
b)  $n$ - $p$  geçişin iki tarapyndaky elektronlaryň we deşikleriň potensial energiýalary

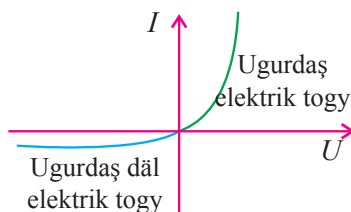
Garyndyly ýarymgeçirijilere walentligi näçe bolan garyndy atomlarynyň girizilendigine baglylykda  $n$  ýa-da  $p$  geçirijilige eýe bolýarlar. Soňra okuwçylara  $n$ - $p$  ( $p$ - $n$ ) geçişin döredilişi öwredilýär (2.5.4-nji surat) we ýarymgeçirijili diodyň shemalarda bellenilişi 2.5.4-nji suratda görkezilen. Ýarymgeçiriji diodlaryň elektrik zynjyry-

na ugurdaş däl (2.5.5-nji surat), ugurdaş (2.5.6-njy surat) birikdirilişi düşündirilýär.



2.5.6-njy suratlar: a) – ýarymgeçiriji diodyň ugurdaş birikdirilişi;  
b)  $n$ - $p$  geçişiniň iki tarapyndaky elektronlaryň we deşikleriň potensial energiýalary

Ýarymgeçiriji diod elektrik zynjyryna ugurdaş däl görnüşde birikdirilende elektronlaryň we deşikleriň potensial energiýalarynyň aratapawudynyň artýandygyny, ýagny potensial päsgelçiligiň köpeliändigini (2.5.5-nji  $b$  surat), ugurdaş birikdirilende bolsa, agzalan päsgelçiligiň azalýandygyny (2.5.6-njy  $b$  surat) okuwçylara düşündirmeli.



2.5.7-nji surat. Ýarymgeçiriji diodyň wolt-amper häsiýetnamasy

Bu birikdirmeler üçin diodyň wolt-amper häsiýetnamasynyň grafigi öwredilýär (2.5.7-nji surat).

Metal geçirijilerden tapawutlylykda ýarymgeçirijileriň temperaturasynyň ýokarlanmagy bilen olaryň geçirijiligi artýar (garşylygy azalýar), ikinji tapawutlylygy ýarymgeçirijilerde togy äkidijiler bolup elektronlar we deşikler hyzmat edýärler. Şonuň

üçin hem olaryň geçirijiligi  $p$  we  $n$  görnüşli geçirijilikleriň jemine deň. Metal geçirijileriň wolt-amper häsiýetnamasy gönüçyzykly baglanyşykda, ýarymgeçirijileriňki bolsa eksponensial baglanyşykda. Ýarymgeçiriji diodlar üýtgeýän togy göneltmekde, tranzistorlar bolsa elektrik signallary güýçlendirmekde ulanylýarlar. Bu tapawutlylyklary okuwçylaryň bilmekleri zerurdyr.



### 2.5.3. Elektrolitlerdäki elektrik toguň kanunlarynyň öwredilişi

Duzlaryň, aşgarlaryň, kislotalaryň suw erginine elektrolitler, olardan elektrik tok geçende, elektrodlarda maddanyň bölünip çyk-magyna bolsa elektroliz diýilýär. Bu hadysany görnükli inlis alymy Maýkl Faradeý (1791–1867) içgin öwrenip, elektrodlarda bölünip çykýan maddanyň  $m$  massasynyň elektroliz ýagdaýynda elektrolitden akyp geçýän elektrik zaryadlaryň  $q$  mukdaryna göni baglanyşykly diýip kesgitledi:

$$m = kq, \quad (2.5.2)$$

bu ýerde  $k$  – elektrohimiki barabarlyk (ekwiwalent) bolup, her bir himiki madda üçin onuň degişli bahasy bar we ol birlikleriň HS-de ( $\text{kg}/\text{KI}$ )-larda hasaplanylýar. Bu 2.5.2-nji deňlige **Faradeýiň elektrolitler üçin birinji kanuny** diýilýär.

**Faradeýiň ikinji kanuny boýunça elektrolitleriň  $k$  elektrohimiki ekwiwalentligi şol maddanyň himiki ekwiwalentligine göni baglanyşykdadyr:**

$$K = CM/Z. \quad (2.5.3)$$

**Himiki ekwiwalent diýip, maddanyň molýar  $M$  massasynyň onuň  $Z$  walentligine bolan gatnaşygyna ( $M/Z$ ) düşünilýär.** Bu 2.5.3-nji deňlikde  $C$  hemişelik koeffisiýent. Ýokarda getirilen deňliklerden peýdalanyň, Faradeýiň iki kanunyny birleşdirip,

$$m = C (M/Z) q,$$

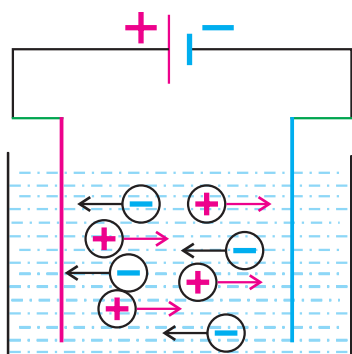
görnüşinde ýa-da  $C=1/F$  bilen belläp, bu ýerden bolsa,  $F=1/C$  aňlatma geçip, ýokarky deňligi:

$$m = \frac{M}{Z} \frac{q}{F}, \quad (2.5.4)$$

görnüşinde aňladyp bolar. Bu ýerde  $F$  – Faradeýiň hemişeligi. Eger akyp geçýän zaryadyň  $q$  mukdary Faradeýiň  $F$  sanyna deň bolsa ( $q = F$ ), onda  $m = M/Z$ . Maddanyň  $m$  massasy onuň himiki barabarlygyna san taýdan deň bolar. **Diýmek, islendik elektrolitiň üstünden geçýän zaryadyň  $q$  mukdary Faradeýiň hemişeligine san taýdan deň bolan ýagdaýynda, elektrodларыň her birinden  $1/Z$  maddanyň moly**

**bölünip çykar.** Tejribäniň görkezişine görä, Faradeýiň  $F$  hemişeligi  $F = 96,48 \cdot 10^3 \text{ Kl/mol}$ -a deňdir.

Tejribäniň görkezişi ýaly, elektrolitlerde maddalaryň erginleri položitel we otrisatel ionlar görnüşinde bolup, olar elektrik meýdanyň ýok ýagdaýynda tertipsiz hereket edýärler:



2.5.8-nji surat.

Elektrolitdäki elektrik togy

Elektrik meýdany bar pursadynda položitel ionlar meýdanyň güýjenmesiniň ugruna, otrisatel ionlar bolsa, onuň garşylykly tarapyna tertipli herekete gelýärler (2.5.8-nji surat). Otrisatel ionlar anoda ýetip, oňa özüniň zarýadyny berýärler. Netijede, bir ýa-da birnäçe elektron (ionyň zarýadyna baglylykda) daşky zynjyr boýunça akyp gidýär. Elektrolitdäki özüniň zarýadyny beren ion bitarap atoma ýa-da molekulä öwrülýär we anodda bölünip çykýar. Položitel ion

bolsa, otrisatel elektrodan- katoddan bir ýa-da birnäçe elektrony özüne birikdirip, bitarap atoma (molekulä) öwrülýär hem-de katodda bölünip çykýar.

Elektrolitleriň ionly geçirijiligi baradaky taglymat diňe bir elektroliz hadysasyny hil taýdan düşündirmek bilen çäklenmän, eýsem, Faradeýiň kanunlaryny hem düşündirmäge mümkinçilik berýär.

Goý, elektroliz hadysasy mahalynda haýsy hem bolsa, bir elektrodada bölünip çykýan ionlaryň sany  $v$ , olaryň her biriniň zarýady bolsa  $q_1$  bolsun. Onda elektrolitden geçen doly zarýad  $q = q_1 v$  bolar. Eger her bir ionyň aýratynlykda massasy  $m_1$  hasaplanylsa, onda elektrodada bölünip çykýan massa  $m = m_1 v$  bolar. Netijede, Faradeýiň birinji kanunyny başgaça:

$$m = m_1 v = \left( \frac{m_1}{q_1} \right) q, \quad (2.5.10)$$

görnüşinde ýazyp bolar. Eger  $m_1/q_1 = k$  belläp, onuň sanawjysyny we maýdalawjysyny maddanyň bir moldaky sanyna, ýagny Awogadro-nyň  $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$  sanyna köpeldip,

$$k = \frac{N_A m_1}{N_A q_1} = \frac{M}{q_1 N_A},$$

aňlatmany alarys. Başga tarapdan bolsa,  $k = M/(ZF)$  bolany üçin, ahyrky iki deňlikler

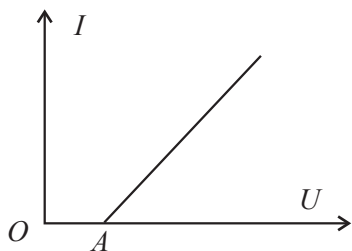
$$\frac{M}{q_1 \cdot N_A} = \frac{M}{ZF},$$

özara barabardyr. Bu ýerden bolsa,  $q_1 = \frac{ZF}{N_A}$  deňlemäni alarys. ***Diýmek, elektrolitdäki ionlaryň zarýady olaryň Z walentligine göni baglanyşykdadyr.*** Iki walentli maddalaryň ionlarynyň zarýady bir walentli ionlaryň zarýadyndan iki esse uludyr, üç walentli maddalaryň ionlarynyň zarýady bolsa üç esse uludyr we ş.m.

Alnan bu netije ionlaryň zarýadlarynyň özara bitin san bilen tapawutlanýandygyny aňladýar. Iň kiçi ionyň zarýady  $|e|$  (elektronyň zarýadynyň absolýút ululygyna) deň, onda iki walentli ionyň zarýady  $2|e|$  ýa-da  $Z$  walentli ionyň zarýady  $Z|e|$ . Bu ýerde elektronyň zarýadynyň ülüşlerine deň bolan zarýadyň ýokdugyny belläp geçmek zerurdyr.

1881-nji ýylda biri-birinden bihabar nemes fizigi German Gelimgols (1821–1894) we irländ fizigi Stoniý Stoney (1826–1911) elektrik zarýadlarynyň atom tebigatynyň bardygyny, onuň zarýadyň kesgitli mukdaryndan ybaratdygy baradaky taglymaty aýdypdyrlar. Bu taglymatda ýönekeý zarýadyň ululygyny  $Z=1$  hasaplap,  $e = F/N = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ KJ}$  iň kiçi ionyň zarýadynyň elektronyň zarýadyna deňdigi hasaplanyldy. Elektronyň zarýadynyň bu bahasynyň takyklygy soňra köp sanly alymlaryň alan netijeleri bilen takyk gabat geldi.

Zynjyryň bölegi üçin Omuň kanuny elektrolitlerde hem ýerine ýetýär. Hemişelik temperaturadaky elektrolitlerde tok güýjüniň naprýaženiýä baglylygy, ýagny suwuk geçirijileriň wolt-ampere häsiýetnamasy metallardaky ýaly çyzykly baglanyşyklykda. Ýöne su-



2.5.9-njy surat.

Elektrolitdäki elektrik tok

wuk geçirijilerden geçýän tok güýjüniň naprýaženiýä baglylygy metallardakydan tapawutlylykda koordinatalaryň başlangyjyndan däl-de, noldan uly naprýaženiýeden başlanýar (2.5.9-njy surat). Munuň sebäbi elektrolizde elektrodларыň hut özleri polýarlanýarlar. Özi hem polýarlanma  $\varepsilon_p$  EHG elektrodlardaky naprýaženiýäniň, tersine ugrugandyr. Ýokardaky (2.5.9-njy

suratda) OA kesim  $\varepsilon_p$  polýarlanma EHG-ä deňdir.

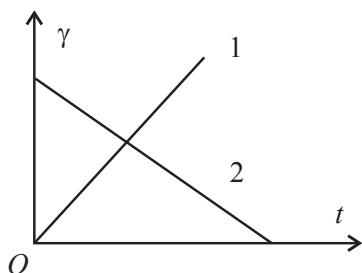
Soňra okuwçylara erginlerden geçýän tok güýjüniň dykzlygynyň

$$j = nq\beta(b_{0(+)} + b_{0(-)})E,$$

bu ýerde  $b_{0(\pm)}$  položitel we otristel ionlaryň süşüjiligi edil metal geçirijilerdäki ýaly elektrik meýdanyň güýjenmesine göni baglydygyny düşündirmeli. Diýmek, elektrolitler üçin hem Omuň kanuny berjaý bolýar. Omuň kanunynyň differensial aňlatmasy bilen elektrolitlerdäki tok güýjüniň dykzlygynyň aňlatmalaryny deňeşdirip, elektrolitleriň udel elektrik geçirijiligini

$$\gamma = ne\beta(b_{0(+)} + b_{0(-)}), \quad (2.5.11)$$

görnüşinde ýazyp bolar.



2.5.10-njy surat.

Elektrolitleriň (1) we metallaryň (2) geçirijilikleriniň temperatura baglylygy

Elektrolitleriň garşylyklary olaryň temperaturasynyň artmagy bilen azalýar. Munuň sebäbi, birinjiden, temperaturanyň artmagy, elektrolitleriň  $\beta$  dissosiasiýa koeffisiýentini artdyrýar, ikinjiden bolsa, suwuklyklar gyzdyrylanda, olaryň şepbeşikligi azalýar. Ol bolsa, öz gezeginde ionlaryň süşüjiligini artdyrýar.

Elektrolitleriň garşylygy onuň temperaturasyna ters baglylykda üýtgeýär. Bu bolsa geçirijileriň udel garşylygy

bilen olaryň geçirijiligiň özara ters baglanyşykdaýdygy ( $\gamma=1/\rho$ ) sebäpli elektrolitleriň geçirijiligi metallaryň geçirijiligi ýaly temperaturanyň ýokarlanmagy bilen azalman, tersine, köpeliýär. Metallaryň we elektrolitleriň geçirijiligiň temperatura baglylygy (2.5.10-njy suratda) görkezilen.

Geçirijileriň garşylygynyň geçirijilige ters baglanyşykdaýdygy sebäpli temperaturanyň artmagy elektrolitleriň garşylygynyň azalmagyna alyp barýar:

$$R_t = R_0 (1 - \alpha t), \quad (2.5.12)$$

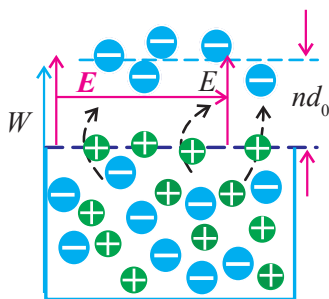
bu ýerde  $R_t$  we  $R_0$  – degişlilikde, elektrolitiň  $t$  we  $0^\circ\text{C}$  temperatura-daky garşylygy,  $\alpha$  – garşylygyň termiki koeffisiýenti,  $t$  – elektrolitiň temperaturasy.

Diýmek, erginlerdäki elektrik togy metallardakydan köp häsiýetleri bilen tapawutlanýarlar. Elektrolitleriň (erginleriň) temperaturasy ulalanda, olaryň garşylyklary azalýar, elektrolite batyrylan elektrod-larda elektrolitiň massasy bölünip çykýar. Erginlerde togy äkidiji po-ložitel we otrisatel ionlardyr.

Erginleriň agzalan häsiýetlerini okuwçylar düşünmeli we amaly işleriň zerur ýerinde ulanmany başarmaly.

## 2.5.4. Wakuumdaky elektrik togunyň kanunlarynyň öwredilişi

Okuwçylara wakuumdaky elektrik togunyň kanunlaryny düşündirmek üçin başda çykyş işiniň düýp manysyny, termoelektron emissiýa hadysasyny, wakuum diodynyň işleýşini we wakuum diodnydaky elektrik toguň kanunlaryny, wolt-ampere häsiýetnamasyny öwretmeli. Ony düşündirmek üçin atomyň iň daşky gabygyndaky walent elektronlar özleriniň degişli atomlarynyň ýadrolary bilen içki gabykdaky elektronlara görä gowşak Kulon özara täsirdediklerini okuwçylara düşündirmeli. Sebäbi,  $n$ -nji elektron gabygynyň radiusy ( $r_n$ ) şol atomyň birinji elektron gabygynyň radiusy bilen  $r_n = r_1 \cdot n^2$  aňlatma arkaly baglanyşykda. Şonuň üçin bu elektronlar kesgitli atoma degişli dälirler we olar erkin elektronlar hasaplanylýar. Ýylylyk hereketleriniň esasynda metallaryň üst gatlagyndaky uly energiýaly erkin elektronlar metaly gurşap alan wakuuma (ýa-da howa) uçup



2.5.11-nji surat.  
Metalyň kese kesiginiň  
üstündäki elektron gaz

çykýarlar we real (hakyky) kristallary düzýän iki goňşy atomyň arasyndaky  $d_0$  daşlygyň birnäçe ( $nd_0$ ) uzaklygy ýaly aralyga ondan daşlaşyp, elektron buludyny döredýändiglerini okuwçylara öwredilýär. Diýmek, metallaryň daşky sreda bilen araçäkleşýän giňişligi (wakuum ýa-da howa) elektron buludy bilen gurşalandyr. Bu elektron buludyndaky kinetik energiýalary kiçi elektronlar metalyň içine dolanyp girýärler (2.5.11-nji surat). Şeýlelikde, metalyň üst gatlagyna ýakyn aralykda metaly taşlap giden elektronlaryň ýetmezçilik edýän ýerlerinde položitel göwrüm zaryadlary (çyzgyda olar položitel alamatly töwerejikler) we metaly gurşap alan giňişlikde bolsa elektron buludynyň döredýän otrisatel giňişlik zaryadlary (çyzgyda içi otrisatel alamatly töwerejikler) döreýärler. Şeýlelikde, metalyň üst gatlagynda položitel zaryaddan elektron buludyna tarap ugrugan  $E$  güýjenmeli elektrik meýdany döreýär. Agzalan meýdanda her bir elektrona metalyň üstüne ugrukdyrylan  $F=eE$  gaýtaryjy diýlip atlandyrylýan güýç täsir edýär. Kinetik energiýasy ýeterlik uly elektronlar bu gaýtaryjy güýji ýeňip geçýärler we metalyň üstünden has uzak aralyga daşlaşyp, wakuuma (howa) çykyp, özbaşdak zaryada öwrülýärler. Şeýlelikde, metallaryň howa (ýa-da seýreklendirilen giňişlik) bilen araçäginde çuňlugy  $nd_0$ -a barabar bolan potensial çukury döreýär. *Agzalan potensial çukuryndan elektrony howa (ýa-da wakuuma) çykarmak (gaýtaryjy güýji ýeňip geçmek) üçin, harç edilýän energiýa **çykyş işi diýilýär** ( $A_{çyk} = e\Delta\phi$ ).*

Adaty şertlerde metal geçirijileriň üst gatlagyndaky elektronlaryň köp böleginiň energiýasy potensial päsgelçiligi ýeňip geçmekden az bolýar we olar metaldan çykyp bilmeýärler.

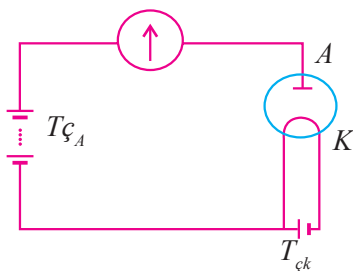
Elektronlara dürli usullar bilen goşmaça energiýa berip, olaryň metalyň daşyna çykmagyny üpjün edip bolýar. *Bu hadysa **elektron emissiýa hadysasy** diýilýär.*

Diod içinde wakuum döredilen anod we katod diýlip atlandyrylýan elektrodlardan ybarat bolan, adatça, silindr şekilli çüýşedir. Katod ere-

mek temperaturasy ýokary bolan wolfram, molibden ýaly materiallardan ýasalýar. Katod ýörite elektrik toguň çeşmesi bilen gyzdyrylýar we şonda onuň düzümindäki elektronlaryň energiýasy artýar. Elektronlaryň energiýasy çykyş işini ýerine ýetirmäge ukyply bolan ýagdaýynda, olar metaldan çyranýň içindäki wakuuma çykýarlar. **Diýmek, katod özünden diňe elektronlary bölüp çykaryýar.** Eger anodyň potensialy nola deň bolsa, katoddan çykýan elektronlar onuň töwereginde elektron buludyny döredýär. Bu halda wakuumly dioddan tok geçmeýär, emma termoelektrik hadysasy amala aşýar. *Bu hadysanyň amala aşmagy wakuum elektron çyralaryndan elektrik toguň geçmegi üçin ýeterlik şert dældigini nygtamaly.*

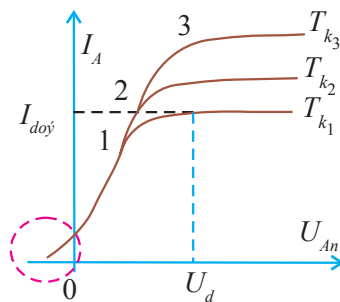
Wakuum elektron çyralarynyň gurluşy (2.5.12-nji suratda) görkezilen. Adatça, diodyň anodynda katoda görä položitel potensial döredilýär. Katodyň üstünden elektrik tok geçende ol gyžýar we onuň üst gatlagyndaky elektronlar ondan bölünip çykýar. Bu halda anod zynjyry utgaşdyrylan bolsa, anod bilen katodyň arasynda güýjlenmesi katoda tarap ugrukdyrylan elektrik meýdany döreýär we elektronlar elektrik meýdanynyň güýjlenmesiniň garşysyna, anoda tarap tertipli herekete gelyär we anod zynjyrynda elektrik togy döreýär. *Bu elektrik toguna termoelektron elektrik togy diýilýär.* Termoelektron elektrik toguň güýji anodyň potensialynyň katoda görä ululygyna baglydyr. Diodyň tok güýjüniň anod naprýaženiýesine baglylygyny görkezýän çyzyga wolt-amper häsiýetnama diýilýär (2.5.13-nji surat).

Ýöriteleşdirilen synplarda wakuumdaky elektrik togunyň düşündirilişini has çün açmak üçin anodyň potensialynyň nola deň bolanynda hem dioddan ujypsyzja toguň geç-



2.5.12-nji surat.

Wakuum diodly ýapyk elektrik zynjyry



2.5.13-nji surat.

Wakuum diodynyň wolt-amper häsiýetnamasy  
( $T_{k_1} < T_{k_2} < T_{k_3}$ )

ýändigini okuwçylara düşündirmeli. Has takygy ony katoddan çykýan uly kinetik energiýaly elektronlaryň döredýändigini (2.5.13-nji suratda üznükli gyzyk halka) düşündirmeli. Anodyň naprýaženiýesi (položitel potensialy) artdyryldygyça, anod togunyň güýji artýar. Anoddan katoda tarap ugrukdyrylan  $E$  güýjenmeli elektrik meýdany döreýär. Bu meýdan katoddan çykýan elektronlara  $F=eE$  güýç bilen täsir edýär.  $E$  güýjenmäniň ululygynyň artmagy, anoda barýan elektronlaryň sanyny artdyrýar. Katoddan wagt birliginde çykýan elektronlaryň hemmesiniň anoda barmagyny üpjün edýän  $U_d$  anod naprýaženiýesinde anod togy doýgun  $I_{doý}$  hala ýetýär. Bu halda anod togy anod naprýaženiýesine baglylygyny tamamlayar. Katodyň temperaturasy artdyrylanda doýgun toguň ululygy hem artýar. Bu ýerde katodyň dürli temperaturasyndaky doýgun toguň ululygyna degişli anod naprýaženiýesiniň ululygy dürlüdigini okuwçylara ýatlatmaly. Şeýlelik bilen, diodyň wolt-ampere häsiýetnamasy göni çyzyk däl. Bu bolsa anod togy bilen anod naprýaženiýesiniň arasyndaky baglanyşygyň Omuň kanunyna laýyk gelmeýändigine şaýatlyk edýär. Termoelektron emissiýa hadysasynda katodyň töwereginde erkin elektronlaryň örän uly dykzlygy emele gelýär. Elektron «bulutjagazy» otrisatel göwrüm zarýadyny emele getirýär. Kiçi tizlik bilen katoddan çykýan elektronlar «bulutjagazdan» geçip bilmeýärler. Anod naprýaženiýesi artdyryldygyça, «bulutjagazdaky» elektronlaryň sany azalýar hem-de göwrüm zarýadlarynyň togtadyjy täsiri peselýär. Anod toguň anod naprýaženiýesine baglylygy nazary taýdan Boguslawskiniň we Lengmýuryň hödürlän  $3/2$  kanuny bilen kesgitlenilýär:

$$I_A = AU^{3/2}, \quad (2.5.13)$$

bu ýerde  $A$  – hemişelik koeffisiýent bolup, ol elektrodalaryň (anodyň we katodyň) görnüşlerine we ölçeglerine baglydyr. Tekiz diod üçin:

$$A = \frac{4}{9} \epsilon_0 \frac{S}{d^2} \sqrt{\frac{2e}{m}}, \quad (2.5.14)$$

bu ýerde  $e/m$  – elektronyň udel zarýady,  $d$  – katod bilen anodyň arasyndaky uzaklyk,  $S$ -katodyň üstüniň meýdany (ol, köplenç, anodyň üstüniň meýdanyna deň edilip ýasalýar),  $\epsilon_0$ -elektrik hemişeligi.



Diodyň wolt-amper häsiýetnamasynda bu kanun 2.5.10-njy suratyň 0-1-2-3 bölegini häsiýetlendirýär. Anod naprýaženiýesi artdyryldygyça, şonça-da, köp elektron anoda barýar. Anod naprýaženiýesiniň bellibir bahasynda katoddan wagt birliginde çykýan elektronlaryň hemmesi anoda ýetýärler. Anod naprýaženiýesiniň mundan beýläk artdyrylmagy bilen, anod togy üýtgemeyär, doýgun ýagdaý emele gelýär.

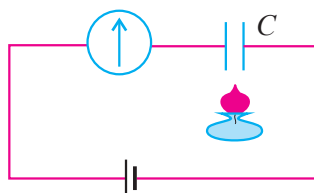
*Katodyň kesgitli temperaturasynda termoelektron toguň iň uly bahasynda doýgun tok diýilýär.* Katodyň temperaturasy ýokarlandyrylanda, metalda tertipsiz hereket edýän elektronlaryň tizligi artýar we metaldan goparylýan elektronlaryň sany birden köpelýär. Doýgun elektrik toguň dykzlygy, ýagny katodyň üst birligine düşýän doýgun tok güýji Riçardsonyň we Tolmeniň kanuny bilen kesgitlenilýär:

$$J_{doý} = BT^2 e^{-A_{çykýş}/kT}, \quad (2.5.15)$$

bu ýerde  $B$  – metallaryň emissiýa hemişeligi, onuň bahasyny deňişli metal üçin maglumatlar tablisasyndan almaly (Wolfram üçin  $B=60,2 \cdot 10^4 \text{ A/m}^2\text{K}$ );  $k$  – Bolsmanyň hemişeligi.

## 2.5.5. Gazlardaky elektrik togunyň kanunlarynyň öwredilişi

Gazlar adaty şertlerde elektrik toguny geçirmeýändiglerini okuwçylar gündelik gözegçiliklerden bilýärler. Adaty şertlerde howa özüni dielektrik ýaly alyp barýandygyny okuwçylara tejribede görkezmeli (2.5.14-nji surat). Bu çyzgydaky galwanometr adaty şertde togy görkezmez. Diýmek, adaty şertlerde içi howa bilen doldurylan kondensator zynjyry utgaşdyrman saklaýar. Eger ýanyp duran spirt çyrajygynyň ýalny bilen kondensatoryň içindäki howa gyzdrylsa, galwanometriň görkezijisi noldan tapawutlanar. Diýmek, gyzdrylan howa elektrik toguny geçirmäge ukyplydyr. Munuň sebäbini mugallym okuwçylaryň gatnaşmagynda çözüär. Ýagny howa gyzdrylanda, onuň molekulalary özüniň bir ýa-da birnäçe elektro-



2.5.14-nji surat.

Içi howaly kondensatordan ybarat elektrik zynjyr

nyny ýitirýärler we položitel iona öwrülýärler. *Şeýlelikde, howada otrisatel (elektronlar) we položitel ionlar emele gelyär. Bu hadysa ionlaşma diýilýär. Molekulalardan we atomlardan elektronlary goparmak üçin kesgitli mukdarda energiýa harç etmeli. Bu energiýa ionlaşma energiýasy diýilýär. Ol dürli gazlar üçin birmeňzeş däl.*

Gazlar rentgen, ultramelewşe, radioaktiw şöhleler bilen şöhlendirilende hem ionlaşýandygyny okuwçylara düşündirmeli. Gazlaryň ionlaşmaklaryny üpjün edýän ýylylyga, ýokarda agzalan şöhlelere ionlaşdyryjylar diýilýär.

Ionlaşdyryjylaryň täsiri kesilenden soňra, wagtyň geçmegi bilen, gazdaky ionlaryň mukdary azalyp, ahyr soňy olar düýpgöter ýitýärler. Munuň sebäbi, položitel ionlar we elektronlar özleriniň ýylylyk hereketiniň dowamynda biri-birleri bilen çakyşyp, elektrik taýdan bitarap atomy döredýärler. Ionlarda munuň ýaly bolup geçýän hadysa bitaraplaşmak diýilýär. *Ionlaryň bitaraplaşmak hadysasynda ionlaşdyrmaga harç edilen energiýa bölünip çykarylýar. Bu energiýanyň käbir mukdary ýagtylyk görnüşinde şöhlelenirilýär, ýagny bitaraplaşmaklygyň şöhlelenmegi bolup geçýär. Gaz zaryad-syzlanmagynyň köpüsiniň şöhlelenmegine bitaraplaşmaklygyň şöhlelenmeginiň bolmagy sebäp bolýar.*

Fizika-matematika ugurlary boýunça ýöriteleşdirilen synplarda bu temany has çuň açyp görkezmeli. Munuň üçin aşakdakylary okuwçylara düşündirmeli.

Gazlardaky elektrik zaryadlanma hadysalarynda atomlar, esasan hem, elektron urgy bilen ionlaşdyrylýar.

Tizlendiriji meýdandan geçen uly kinetik energiýaly elektronlar bitarap atomlar bilen çakyşyp, olardan bir ýa-da birnäçe elektrony goparýarlar, netijede, urgudan öňki bitarap atomlar položitel iona öwrülýärler, şonuň ýaly hem gazda elektronlar ýüze çykýarlar.

Nemes fizikleri Jeýms Frank (1882–1964) we Gustaw Lýudwig Gers (1887–1975) tarapyndan elektron urgy netijesinde gazlaryň ionlaşmagy öwrenildi we dürli gazlaryň ionlaşma energiýasy tejribe netijesinde hasaplanyldy

$$\frac{mv^2}{2} = eU, \quad (2.5.16)$$

bu ýerde  $m$ ,  $e$  – degişlilikde, elektronyň massasy we zarýady,  $U$  – tizlendiriji naprýaženiýe.

Bu çemeleşmäni islendik gazyň ionlaşma energiýasyny hasaplamagyň bir görnüşi hökmünde okuwçylara öwretmeli.

*Gazlardaky ionlar özleriniň hereketiniň* dowamynda köp sanly urgulara sezewar bolýarlar  $\omega_0$  olar iki yzygider urgynyň arasynda elektrik meýdanynyň güýjenmesine göni baglanyşykda tizlige eýe bolýar. Ýagny:

$$v_{(\pm)} = b_{0(\pm)} E, \quad (2.5.17)$$

bu ýerde  $v_{(\pm)}$ ,  $b_{0(\pm)}$  – položitel we otrisatel ionlaryň degişlilikde, bir tarapa ugrukdyrylan hereketleriniň tizlikleri we süýşüjilikleri.

Bu ýerden görnüşi ýaly,  $E = l \text{ W/m}$  bolanda,  $v_{(\pm)} = b_{0(\pm)}$ . Položitel we otrisatel ionlaryň massalarynyň şol bir şertlerde tapawutlylygy sebäpli, olaryň süýşüjilikleri  $b_{0(\pm)}$  we eýe bolýan  $v_{(\pm)}$  tizlikleri hem deň dälirler. Umuman, 2.5.17-nji ululyk ionlaryň  $\lambda$  erkin ylgaw uzynlygy elektrodalaryň arasyndaky  $l$  uzaklykdan ýeterlik derejede kiçi ( $\lambda \ll l$ ) bolan ýagdaýynda ýerine ýetýär. Agzalan şert gazlaryň basyşynyň onlarça we ondan hem uly millimetr simap sütününde berjaý bolýar. Eger  $\lambda \gg l$  bolsa, ionlar wakuumda (seýreklendirilen giňişlikde) tizlenmeli hereket edýärler.

Ionlaryň berlen görnüşini gurşap alan gazyň beýleki atomlar bilen özara sürtülme güýji näçe az bolsa, olaryň süýşüjiligi şonça hem uludyr. Sürtülme güýji gazlaryň basyşyna göni baglanyşykly bolup, ionlaryň çakyşmagy näçe az bolsa, ol şonça-da kiçidir. Şonuň üçin hem basyşyň örän uly üýtgeме araçäginde ionlaryň süýşüjiligi gazlaryň basyşyna ters baglanyşyklydyr:

$$b_{0(\pm)} p = \text{hemişelik}. \quad (2.5.18)$$

Gazlardaky ionlaryň hereketi metallardaky elektronlaryň hereketinden örän çylşyrymlydyr. Gaz zarýadsyzlanmada elektrodalaryň arasynda ionlaryň konsentrasiýasynyň gradiýenti nola deň däl ( $dn/dx \neq 0$ ), ýagny ionlar agzalan uzaklykda deňölçegsiz paýlanandyr. Şoňa görä-de, ionlaryň mese-mälim özara diffuziýa akymy ýüze çykýar. Položitel ionlaryň özara diffuziýasy netijesinde, üst birliginden wagt birliginde geçirilýän zarýadlaryň mukdary (diffu-

ziýa togunyň dykzlygy) –  $qD_{(+)}(dn_{(+)} / dx)$  deňdir. Bu ýerde  $D_{(+)}$  – položitel ionlaryň özara diffuziýa koeffisiýenti,  $q$  – ionyň zaryady. Elektrodalaryň arasynda döredilen elektrik meýdanyny ionlaryň bir tarapa tertipli hereketi netijesinde şol bir meýdandan wagt birliginde geçirilen zaryadlaryň mukdary  $qD_{(+)}b_{0(+)}E$  deňdir. Umuman, položitel ionlaryň döredýän elektrik togunyň güýjüniň dykzlygy aşakdaky ýaly aňladylýar:

$$j_{(+)} = qn_{(+)}b_{0(+)}E - qD_{(+)}(dn_{(+)} / dx), \quad (2.5.19)$$

Otrisetel ionlaryň döredýän  $j_{(-)}$  tok güýjüniň dykzlygy hem edil položitel ionlaryňky 2.5.19-njy deňleme ýalydyr. Emma bu ionlaryň zaryadlarynyň otrisetel alamatynyň bolmagy sebäpli, toguň ugry hökmünde özara diffuziýa akymynyň garşylykly ugry kabul edilýär. Şonuň üçin hem:

$$j_{(-)} = qn_{(-)}b_{0(-)}E + qD_{(-)}(dn_{(-)} / dx). \quad (2.5.20)$$

Ionlaşan gazdaky tok güýjüniň doly dykzlygy:

$$j = j_{(+)} + j_{(-)} = q(n_{(+)}b_{0(+)} + n_{(-)}b_{0(-)})E, \quad (2.5.21)$$

deňdir.

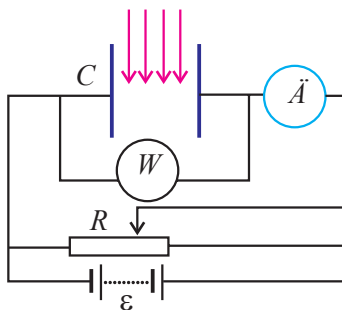
Ionlaşan gazlarda položitel  $n_{(+)}$  we otrisetel  $n_{(-)}$  ionlarynyň konsentrasiýalary biri-birine deň bolman hem bilýärler. Şoňa görä-de, metallardan tapawutlylykda, gaz halyndaky geçirijilerden elektrik togy geçýän wagty olarda göwrüm zaryadlary döreýärler. Bu bolsa öz gezeginde elektrodalaryň arasyndaky elektrik meýdanynyň çylşyrymly bölünmegine getirýär.

Gaz halyndaky geçirijileriň metallardan aýratynlyklarynyň ýene-de biri, olaryň *ionlarynyň konsentراسیاسynyň meýdanynyň güýjenmesine baglylygydyr*. Metallardaky elektronlaryň konsentراسیاسy bolsa hemişelik ululykdyr, ýagny metal geçirijilerdäki elektrik toguň güýjüniň dykzlygy geçirijiniň tebigatyna baglydyr. Ionlaşan gazlarda bolsa, zaryady äkidijiler (ionlar we elektronlar) gaz zaryadsyzlanmagy netijesinde, mysal üçin, elektron urgy boýunça ionlaşmada ýüze çykýarlar. Şonuň üçin hem  $n_{(+)}$  we  $n_{(-)}$  ionlaryň konsentراسیاسy meýdanynyň güýjenmesine bagly bolup biler. Ýokarda agzalan sebäpler gaz halyndaky geçirijileriň Omuň kanunyna boýun egmegini çäklendirýär.

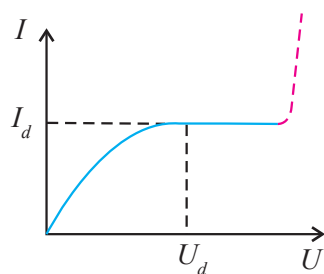
Soňra gazlaryň özbaşdak däl (2.5.15-nji surat) zaryadsyzlanmalary öwrenilýär. Bu ýerde gazlary ionlaşdyryjy hökmünde ultra melewşe, rentgen, ş.m. şöhlelenmeleriň bolup bilýändikleri barada aýdylyp, 2.5.16-njy suratdaky özbaşdak ýagdaýynda däl gaz zaryadlanmasynyň wolt-amper häsiýetnamasy düşündirilýär.

Gaz zaryadsyzlanmagy  $I < I_d$  şertiň berjaý bolýan ýagdaýynda ondan geçýän tok güýjüniň dykzlygy 2.5.21-nji deňleme bilen kesgitlenilýär. Kondensatoryň tekizçeleriniň arasyndaky naprýaženiýäniň artmagy bilen, olara barýan položitel ionlaryň we elektronlaryň sany köpeliýär. Ionlaşma hadysasy bilen birlikde, položitel ionlaryň we elektronlaryň birleşmek (bitaraplaşmak) hadysasy hem bolup geçýär.  $U_d$  naprýaženiýede bitaraplaşmaga gatnaşmaýan zaryadlaryň hemmesi özleriniň deňişli elektrodларыna barýarlar. Mundan beýläk naprýaženiýäniň artmagy, tekizçelere barýan elektrik toguny dördedijileriň sanyny artdyрмаýar. Bu ýagdaýda gaz zaryadsyzlanmadaky toguň güýji  $I_d$  doýgun ýagdaýa ýetýär. Doýgun ýagdaýda deňişli naprýaženiýeden uly naprýaženiýede ( $U > U_d$ ) gazdan geçýän tok güýjüniň dykzlygy  $j = qnd$  aňlatma bilen kesgitlenilýär. Eger  $U$  naprýaženiýe çakdanaşa artdyrylsa, gazda **elektrik deşilme** diýip atlandyrylan hadysa ýüze çykýar. Gazyň geçiriji häsiýeti has köpeliýär we tok güýjüniň birden artmagy bolup geçýär (2.5.16-njy suratda üznükli çyzyk).

**Eger ionlaşdyryjynyň täsiri kesilse, gazda emele gelen ionlaryň sany azalar we elektrik tok kesiler. Gazlaryň munuň ýaly zaryadsyzlanmagyna özbaşdak däl zaryadsyzlanma diýilýär.**



2.5.15-nji surat. Özbaşdak däl gaz zaryadsyzlanma



2.5.16-njy surat. Özbaşdak däl gaz zaryadsyzlanmanyň wolt-amper häsiýetnamasy

Howadaky özbaşdak däl gaz zaryad-syzlanmalary olarda eýýäm bar bolan **ýuwaş ionlar** diýip atlandyrylýan ionlar bilen amala aşyrylýar. Bu hili gaz zaryad-syzlanma ýagtylanman we sessiz bolup geçýärler.

**Özbaşdak gaz zaryad-syzlanmagy.** Özbaşdak däl gaz zaryad-syzlanmadan özbaşdak gaz zaryad-syzlanma geçiş hadysasy-na seredeliň. Şonuň üçin, 2.5.15-nji suratdaky zaryadlandyrylan kondensatoryň otrisatel potensially tekizçesinde fotoeffekt (ýagtylyk täsir) hadysasy ýüze çykar ýaly, ol ultramelewşe şöhle bilen şöhlelendirilýär. Bu şöhläniň täsiri bilen fotoeffekt esasyda katoddan (otrisatel zaryadly tekizçeden) elektronlar goparylar we olar anoda tarap ugrugarlar. Bu ýerde kondensatory döredýän položitel potensially tekizçäniň anod ( $A$ ) we otrisatel potensially tekizçäniň bolsa katod ( $K$ ) diýlip kabul edilýändigini okuwçylara düşündirmeli. Anod bilen katodyň arasyndaky elektrik meýdanynyň  $F$  wektorynyň ugruny görkezmeli we elektronlara täsir edýän  $F = qF$  güýjüň ugruny anyklamaly. Eger elektronyň eýe bolan energiýasy kondensatoryň tekizçeleriniň arasyndaky gazyň ionlaşma energiýasyndan kiçi bolsa, onda elektronlaryň gazyň atomlary bilen çakyşmalary maýyşgak bolýandygyny we elektronlar özleriniň energiýalaryny ýitirmän, diňe hereketiniň ugruny üýtgedýändiglerini okuwçylara düşündirmeli.

Güýçlendiriji meýdanynyň täsiri netijesinde elektronlaryň eýe bolan energiýalary berlen gazyň ionlaşma energiýasyna deň bolanda bolsa, olaryň gazyň atomy bilen çakyşmalary maýyşgak däl häsiýete eýe bolandygyny bellemeli. Bu halda elektron özüniň energiýasynyň bir bölegini gazyň molekulasy bilen çakyşyp, oňa berýär. Netijede, gazyň molekulalary (atomy) özleriniň bir, käbir ýagdaýynda bolsa, köp sanly elektronyň ýitirýärler we položitel iona öwrülýärler. Emele gelen položitel ionlar katoda, elektronlar bolsa anoda tarap tertip-li herekete gelýärler. Bu elektronlar hem öz gezeginde ionlaşdyрма energiýasyna eýe bolanlaryndan soňra, bitarap molekulalar bilen maýyşgak däl uрга sezewar bolýarlar we olaryň her biri ýene-de gazyň bitarap molekulasyndan iň azyndan bir elektrony goparýar. Şeýlelikde, elektronlaryň we položitel ionlaryň uçursyz köp toplумы emele gelýär (2.5.17-nji suratda diňe otrisatel ionlar görkezilen).

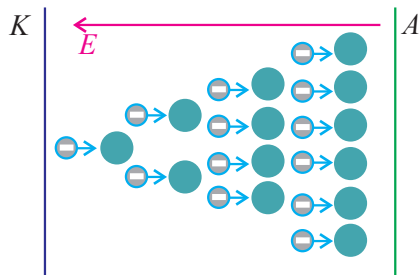
Özbaşdak zaryadsyzlanma bolmagy üçin emele gelen elektron toplumy öz-özünü elektronlar we položitel ionlar bilen üpjün etmelidir. Mahlasy aýdylanda, anoda geçen elektronlaryň öwezini üznüksiz dolduryp durmak üçin, gazda başga hadysalaryň bolmagynyň zerurdygyny okuwçylara düşündirmeli.

**Şunuň ýaly wajyp hadysalaryň biri bolup, položitel ionlaryň katoda urulmagy**

**netijesinde ikilenji elektron emissiýasynyň emele gelmegi hyzmat edip biler.** Özünüň hereketiniň dowamynda ýeterlik energiýa eýe bolan položitel ionlar katoda urlup, ondan birnäçe elektronlary goparýar. Amerikan alymy Tausendiň nazaryýeti boýunça, göwrüm we üst ionlaşma hadysalarynyň bir wagtda bolmaklary özbaşdak gaz zaryadsyzlanmagyň emele gelmegini üpjün edip biler.

Özbaşdak gaz zaryadsyzlanmagyň geçişiniň daşky görnüşi olardaky fiziki hadysalaryň döreýişleri we dowam edişleri boýunça biri-birinden tapawutly birnäçe görnüşlere bölünýärler. Olara ýaýşekilli, köreýän, täçli, uçgunly (ýyldyrym) we beýleki zaryadsyzlanmalar degişlidirler.

**Ýaýşekilli zaryadsyzlanmany** basyşy bir atmosfera bolan howada elektrodalaryň arasyndaky uly bolmadyk naprýaženiýe dördedip alyp bolar. Eger iki sany kömür elektrodyň arasynda 30–50 W naprýaženiýe dördedip, başda olar bir-birine galtaşdyrylsa, olaryň üstünden uly tok geçer. Galtaşma ýerleriniň garşylygynyň uly bolany üçin bu ýerlerde Joulyň-Lensiň ýylylygy bölünip çykýar we kömür elektrodyň uçlary gyp-gyzyl bolýar. Bu uçlaryň temperaturasynyň juda artýandygy üçin bolsa, ol ýerlerde termoelektron emissiýa (gyzgynlykdan elektronlaryň bölünip çykması) döreýär. Bu haldaky elektrodlar biri-birinden uzaklaşdyrylsa, olaryň arasynda özbaşdak gaz

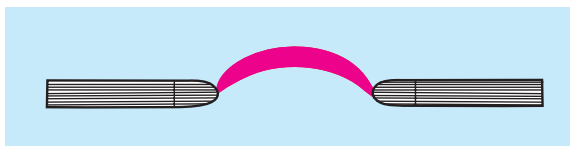


2.5.17-nji surat.

Özbaşdak gaz zaryadsyzlanmada ionlaşma

- – gazyň molekulasy;
- ⊖ – elektron

zarýadsyzlanmasy döreyär. Kömür elektrodларыň arasynda ýaýşekilli ýagtylýan gaz elektrik sütüni (elektrik dugasy) döreyär (2.5.18-nji surat).



2.5.18-nji surat. Ýaýşekilli gaz zarýadsyzlanma (elektrik duga)

Uly bolmadyk ýaýşekilli gaz zarýadsyzlanmasynda geçýän tok güýjüniň ululygy birnäçe ampere, ulularynda bolsa birnäçe ýüz ampere, naprýaženiýesi bolsa, takmyn, 50 *W*-a barabardyr. Onuň položitel elektrodynyň ujunda elektronlaryň juda köp urulmagy zerarly) – krater (oýuk döreyär. Bir atmosfera basyşynda krateriň temperaturasy 4000 °C, atmosferanyň basyşy  $2 \cdot 10^6$  Pa-da temperatura bolsa, 7000 °C-ä ýetýär.

Ýaýşekilli gaz zarýadsyzlanma 1802-nji ýylda rus alymy W.W. Petrow (1796–1834) tarapyndan ilkinjileriň hatarynda tejribede alnypdyr.

Elektrik duga zarýadsyzlanmasy metallurgiýada dürli hilli niýetler üçin ulanylýar. Şonuň ýaly hem, elektrik duga metallary kebsirlemekde giňden peýdalanylýar.

Ondan soňra fizika-matematika boýunça ýöriteleşdirilen synplarda plazma we onuň ulanylyşy barada maglumat berip bolar. Plazma diýip, göwrüm birligindäki položitel we otrisatel zarýadlarynyň  $\rho_+$  we  $\rho_-$  dykzlyklarynyň absolýut ululyklary deň bolan, ýokary derejede ionlaşan gazlara aýdylýar, ýagny

$$\rho_+ = |\rho_-| \text{ ýa-da } \rho_+ + \rho_- = 0.$$

Adatça, aşa ýokary temperaturalarda döreyän **ýokary temperaturaly we gaz zarýadsyzlanma plazmalary bolýar**. Plazma ionlaşan bölejikleriň sanynyň, plazmanyň ähli bölejikleriniň konsentrasiýasyna gatnaşygyna deň bolan  $\alpha$  ululyk bilen häsiýetlendirilýär. Bu  $\alpha$  koeffisiýenti bir göterimiň ülüşleriçe bolan **plazma gowşak**, bir-



näçe göterim bolana **aram** we  $\alpha$  koef-fisiýenti 100 %-e golaý bolan plazma bolsa **doly ionlaşan** diýilýär.

**Plazmanyň ulanylyşy.** Plazma-nyň fizikasyny öwrenmeklik astro-fizikanyň köp meselelerini çözmek-lige mümkinçilik berýär. Sebäbi

kosmiki giňişlikde plazma halyndaky maddalar has köp ýaýran-dyrlar. Başga tarapdan bolsa, ol termoyadro sintezini edara edip bolmaklyk mümkinçiligini döredýär. Dolandyrylýan termoyadro sinteziniň ylmy gözleg esasy bolup, deýteriden we tritiden ybarat bolan **ýokary temperaturaly** ( $T_i > 10^7 \text{ K}$ ) **plazma** hyzmat edýär.

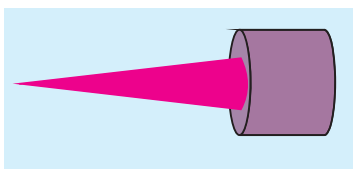
Pes temperaturaly plazma ( $T_i < 10^5 \text{ K}$ ) gazly lazerlerde, termo-elektron özgerdijilerde we magnitgidrodinamik (MGD) generatorlar-da, dowamly kosmiki uçuşlarda, has amatly bolan plazmaly reaktiv hereketlendirijilerde (dwigatellerde) ulanylýar (MGD generatorlar ýylylyk energiýasyny elektrik energiýa öwürýän gurluşdyr).

MGD generatorlar öwrülişikli maşyndyr. Eger magnit meýda-nynda gyzdyrylan plazmanyň akymy döredilse, elektromagnit induk-siýa kanunyna laýyklykda plazmanyň düzümindäki ionlar garşylykly tarapa örän uly ( $v \leq 10^5 \text{ m/s}$ ) tizlikli tertipli herekete gelip, elektrik toguny döredýärler.

Plazmaly hereketlendirijiler uzak wagtlaýyn dowamly kosmiki uçuşlarda örän amatlydyr.

XX asyryň aýaklarynda metallary kesmekde we kebşirmekde, daşly, gaty toprakda skwažinalary gazmakda ulanylýan **plazmotron** atly täze abzal döredildi 2.5.19-njy surat).

Bu plazma akymynda himiki reaksiýalaryň bolup geçmegi tiz-lenýär we adaty şertlerde döremeýän reaksiýalar amala aşýarlar.



2.5.19-njy surat. Plazmotron

## 2.6. HEMIŞELIK MAGNIT MEÝDANYNY ÖWRËTMEGINI USULYÝETI

Umumybilim berýän orta mekdepleriň I basgançagynda «Elek-tromagnit hadysalary» toguň magnit meýdany barada başlangyç maglumatlar berilýär. Elektromagnitler we olaryň ulanylyşy, Ýeriň

magnit meýdany şonuň ýaly hem, magnit meýdanynyň tokly geçirijä täsiri, elektromagnit induksiýa hadysasy, transformatorlar barada ilkinji maglumatlar berilýär.

Soňra okuwýň II basgançagynda hemişelik toguň magnit meýdany kem-käsleýin öňki maglumatlar gaýtalanyp, maddalaryň magnit häsiýetleri, Amperiň we Lorensiň güýçleri, maglumatlaryň magnit ýazgylary temalar bilen üsti doldurylyp öwredilýär.

### **2.6.1 Hemişelik magnit meýdanyny häsiýetlendirýän esasy düşüňjeleriň derňewi we kämilleşdirilişi**

Başda okuwçylara hemişelik magnit maddalary barada maglumat bermeli, ol maddalaryň ulanylyp başlanyş taryhyny ýatlamaly. Soňra okuwçylara magnit meýdanynyň güýç çyzyklaryny 2.6.1–2.6.3-nji *a* we *b* suratlaryň kömegi bilen düşündirmeli. Bu çyzyklaryň esasynda okuwçylar magnit polýusyna kesgitleme berip bilmeli.

Magnit meýdanyny öwrenmek hemişelik tokly geçirijileriň meýdanynyň (2.6.4-nji surat) derňewi bilen dowam etdirilýär. Magnit meýdanynyň induksiýasynyň wektoryna kesgitleme berilýär we induksiýanyň ugruny takykklamak üçin 2.6.5-nji *a*, *b* we 2.6.6-njy suratlar ulanylýar.

Gadym zamanlardan bäri magnit magdanlarynyň, ýagny  $FeO$  (31%) demriň zakisinden we  $Fe_2O_3$  (61%) demriň okisinden ybarat bolan (*magnetit*) magdanyň özüniň golaýyndaky demir zatlary çekýändigini mälimdir.

Bu hadysanyň açylyşy barada dürli rowaýatlar bar. Olaryň birinde hytaýly çopan özüniň bakýan sürüsinden bölünip giden goýunlary gözläp ýörkä dagda gara daşlaryň üstünden geçende aýagyndan bir zadyň aslyşýandygyny, ädim ätmeginiň kynlaşýandygyny duýýar. Ol elinden gaçyran ujy demirden ýasalan peýkamly çopan taýagyny almakçy bolanda-da adaty ýerdäkiden uly güýç sarp etmeli bolandygyny özüniň hanyna gürrüň berýär. Soňra bu häsiýetli daşlardan hytaý hany özüniň howlusyna derweze ýasadýar. Bu derwezeden geçýän adamlaryň daşky eşikleriniň derwezä tarap çekilmegi bilen onuň ýanynda demirden ýasalan zadyň-ýaragyň bardygyny bildiripdir.

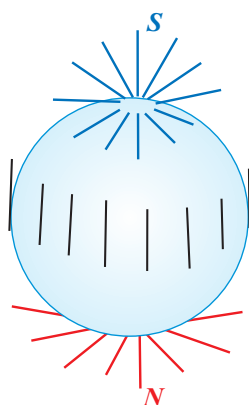
Soňra baryp, biziň eramyzdan 2600 ýyl öň hytaý balykçylary agzalan gara magdandan elini öňe uzadyp duran adamyň kiçijik heykelini ýasap, ony wertikal okuň üstünde aýlanar ýaly edip, özleriniň gämileriniň burnunda oturdypdyrlar. Gämi haýsy tarapa aýlansa-da bu adamjygyň eli şol bir ugry, ýagny günorta tarapy görkezipdir.

Ikinji rowaýata görä şol döwürde ýaşap geçen hytaý imperatory Hwang Ti ümürli howada hususy okunyň daşynda aýlanýan adamjygyň heykeliniň (häzirki kompasyň ilkinji nusgasynyň) kömegi bilen özüniň goşunyny howply ýerden geçiripdir diýip ýatlanylýar. Şeýdip, hytaýlylar Zeminde ilkinjileriň hatarynda hemişelik magnitleri özleriniň durmuşynda ulanypdyrlar.

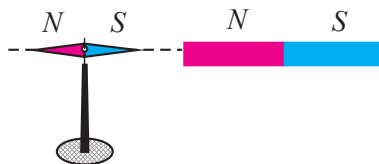
Ýewropada hemişelik magnitlerden ýasalan kompaslar XI asyrdan ulanylyp başlanypdyr.

1269-njy ýylda P. Perigrin lakamy bilen mälum bolan fransuz tejribeçi fizigi P. Marikur *magnit polýusy* düşüncesini girizýär. Ol hemişelik magnit häsiýetli materialdan (magnetitden) şar ýasap, onuň golaýynda deň uzynlykly polat iňňeleri ýerleşdirýär. Perigrin polat iňňeleriniň magnetit şaryň diametral garşylykly nokatlaryna uly güýç bilen çekilýändigini görüpdir (2.6.1-nji surat). Perigrin polat iňňeleriň magnitlenen şaryň radiusy boýunça ugrugan nokatlaryny *N* (demirgazyk) we *S* (günorta) **magnit polýusy** diýip atlandyrypdyr. Perigriniň steržen görnüşinde taýýarlan magniti ýüpden asylanda ol edil kompasyň peýkamjygy ýaly elmydama demirgazyk-günorta tarapy görkezipdir. Perigrin dürli magnit polýuslaryň özara çekişýändigini we bir atly magnit polýuslaryň bolsa itekleşýändigini anyklapdyr (2.6.2-nji surat).

Şonuň ýaly hem, Perigrin hemişelik magniti örän kiçi böleklere



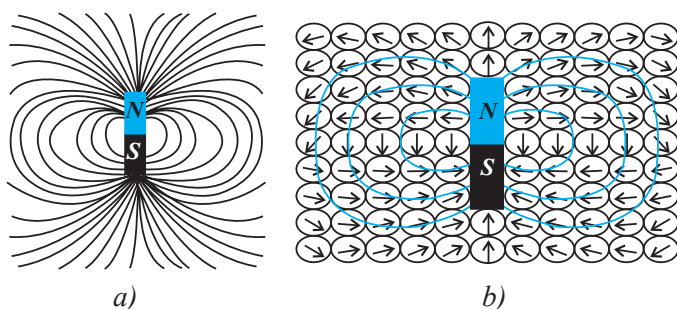
2.6.1-nji surat.  
Magnitlenen şaryň  
töweregindäki polat  
iňňeler



2.6.2-nji surat. Magnit  
polýuslarynyň özaratäsiri

bölende hem iki  $N$  demirgazyk we  $S$  günorta magnit polýusly magnitiň alynýandygyna göz ýetiripdir.

**Magnit meýdany.** 1600-nji ýylda inlis lukmany Ulýam Gilbert Ýer şary uly tebigy magnit mysalynda bolup, onuň töwereginde ýerleşdirilen magnit peýkamjyklary edil Perigriniň tejribesindeki polat inňelere meňzeş magnit polýusyna ugurdaş ýerleşerler diýip hasaplapdyr.



2.6.3-nji surat. Hemişelik magnit meýdanynda ýerleşdirilen  
a) demir gyryndylar; b) magnit peýkamjyklary

Hemişelik magnitiň töweregine dökülen demir gyryndylary hem edil şonuň ýaly ýerleşýärler. Hemişelik magnit özüniň töwereginde ýerleşen demir gyryndylaryna täsir edip, olaryň giňişlikde ýerleşişini kesgitli ugurda tertipleşdirýär. Geçirilen tejribeler bu pikiriň dogrudygyny tassyklaýarlar (2.6.3-nji a we b surat). Şunuň ýaly geçirilen köp sanly tejribeler hemişelik magnitiň daş-töwereginde **magnit meýdanynyň** bardygyny tassyklaýar.

Magnit meýdanyndaky demir gyryndylaryň (2.6.3-nji a surat) ýa-da magnit peýkamjyklaryň (2.6.3-nji b surat) döredýän çyzyklaryna **magnit meýdanynyň güýç çyzyklary** diýip atlandyrylan.

Bu güýç çyzyklaryň üstündäki islendik nokada geçirilen galtaşma magnit meýdanynyň şol nokatdaky täsir ugruny görkezýär.

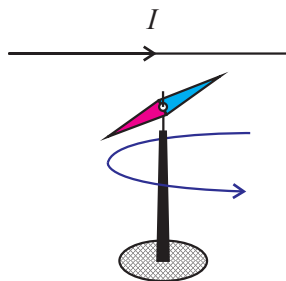
## 2.6.2. Tokly geçirijiniň magnit meýdany

Tokly geçirijileriň magnit meýdanyny öwrenmeklige dünýäniň köp alymlary gatnaşypdyrlar. Olardan diňe inlis fizigi Hans Kristian Ersted (1777–1851), fransuz fizikleri Žan Batist Bio (1774–1862), Fe-

liks Sawar (1791–1841), Andre Mari Amper (1775–1836) we Laplas (1749–1827) magnit meýdanynyň kanunyna özleriniň saldamly goşandyny goşupdyrlar.

**Erstetiň tejribesi.** 1735-nji ýylda Londonda neşir edilýän žurnallaryň birinde güýçli ýyldyrymyň ýaşaýyş jaýynyň bir otagynda düşenden soňra onuň içindäki demirden ýasalan pyçaklaryň we wilkalaryň dürli tarapa zyňlyp ýatandyklary, olaryň güýçli magnitlenendikleri barada habar berlen. Tebigatda bolup geçen bu hadysa eýýäm XVIII asyrdaky elektrik hem-de magnit hadysalarynyň özara baglanyşyklylygyny aňmaklyga mümkinçilik beripdir.

1820-nji ýylda Kopengagen uniwersitetiniň professory Erstet özüniň talyplara okan leksiýasynda geçirijiden elektrik togy geçirilende onuň gyzýandygyny görkezmek üçin geçiren tejribesinde stoluň üstünde duran kompasyň peýkamjagazynyň bir tarapa gyşarýandygyny görüpdir. Soňra Erstet bu tejribäni has kämilleşdirip, *elektrik toguň edil hemişelik magnitiň polýusy ýaly magnit peýkamyna täsir edýändigini tejribe üsti bilen anyklapdyr* (2.6.4-nji surat). Geçirijidäki hemişelik togy garşylykly tarapa akdyrylsa, magnit peýkamynyň gyşarma ugry hem garşylykly tarapa üýtgäpdir. Şunlukda, Erstet *tokly geçirijiniň töwereginde magnit meýdanynyň döreýändigini* tejribe üsti bilen açypdyr. Diýmek, *magnit meýdanynyň çêşmesi bolup, elektrik togy hyzmat edýär.*



2.6.4-nji surat. Erstetiň tejribesi

### 2.6.3. Magnit meýdanynyň induksiýasy

Üstünden hemişelik tok geçýän geçirijiniň magnit peýkamyna täsir edişi ýaly, magnit meýdany hem özüniň golaýynda ýerleşdirilen tokly geçirijilere täsir edýär. Bu täsiri bahalandyrmak üçin *tokly geçirijiniň bölegi* diýlip atlandyrylýan geçirijidäki toguň ugry bilen gabat gelýän  $Idl$   $1A \cdot m$  birligine *wektor* ululyk girizilýär. Käbir edebiýatlarda bu wektor  $Idl$  görnüşde-de alynýar. Umuman bu *wektoryň moduly geçirijidäki tok güýjüniň geçirijiniň böleginiň  $dl$  uzynlygyna köpeldilmegine deňdir.* Magnit meýdanynyň tokly geçirijä edýän

täsir güýjüni anyklamak üçin magnit meýdanynyň *tokly geçirijiniň  $Idl$  bölegine* edýän täsir güýjüni anyklamak ýeterlikdir. Onuň üçin *magnit meýdanynyň  $B$  induksiýasy* düşünjesi girizilen. Magnit meýdanynyň  **$B$  induksiýasy** diýip, *tokly geçirijiniň  $Idl$  bölegine* magnit meýdany tarapyndan täsir edilyän  $dF_{mah}$  maksimal güýje mukdar taýdan deň bolan ululyga düşünilýär:

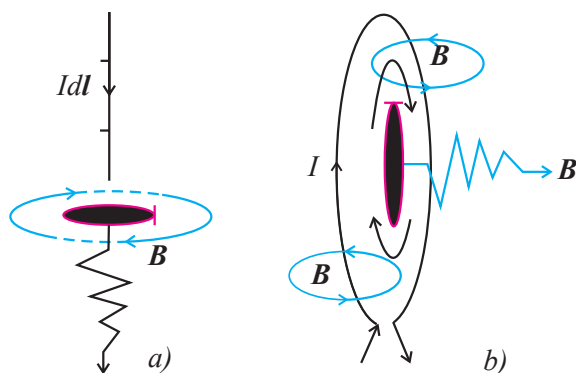
$$B = \frac{dF_{mak}}{Idl}. \quad (2.6.1)$$

Ölçegleriň Halkara sistemasynda magnit meýdanynyň  **$B$  induksiýasy** teslada  $[Tl] = \left[ \frac{N}{A \cdot m} \right]$  hasaplanylýar.

Magnit meýdanyň induksiýasy wektor ululyk bolup, onuň ugry **sag hyryň** ýa-da **sag eliň düzgüni** bilen kesgitlenilýär.

*Göni tokly geçiriji üçin sag hyryň düzgüni: eger sag hyryň öňe bolan hereketi tokly geçirijiniň  $Idl$  böleginiň* ugry bilen gabat gelse, *onda onuň sapynyň aýlanma ugry göni tokly geçirijiniň daşynda magnit meýdanyň induksiýasynyň  $B$  wektorynyň güýç çyzygynyň ugruny görkezär* (2.6.5-nji a surat).

**Aýlaw tokly geçiriji üçin sag hyryň düzgüni:** eger sag hyry aýlaw toguň merkezinde ýerleşdirip, onuň sapyny aýlaw toguň ugruna hereketlendirilse, onda hyryň öňe bolan hereketi onuň ýerleşdirilen ýerinde aýlaw toguň döredýän magnit meýdanynyň induksiýasynyň  **$B$  wektorynyň güýç çyzygynyň ugruny görkezär** (2.6.5-nji b

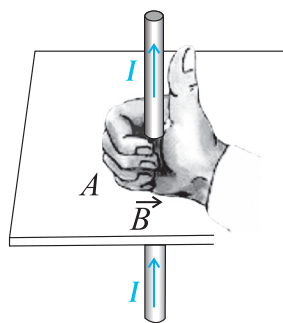


2.6.5-nji surat. a) göni tokly geçirijiniň; b) aýlaw tokly geçirijiniň magnit meýdanlarynyň güýç çyzygy

surat). Diýmek, göni tokly geçirijiniň döredýän **magnit meýdanynyň induksiýasynyň güýç çyzyklary geçirijiniň ýatan tekizligine perpendikulýar tekizlikde onuň daşyny gurşap alýar**. Bu halda wertikal tekizlikde ýokardan aşak ugrugan tokly geçirijiniň birlik böleginiň döredýän magnit meýdanynyň güýç çyzygy gorizontall tekizlikde sagat diliniň ugry boýunça agzalan tokly geçirijiniň daşynda aýlanar (2.6.5-nji a surat).

Eger ýazgynyň tekizligine perpendikulýar ýerleşen wertikal tekizlikde aýlaw tok sagat diliniň ugry boýunça aýlanýan bolsa, onda onuň döredýän magnit meýdanynyň güýç çyzygy gorizontall tekizlikde aýlaw tokdan saga çykýan we aýlaw toguň çepinden *giryän ugruda halkalaýyn ugrugandyr* (2.6.5-nji b surat).

**Sag elni düzgüni:** eger sag elni başam barmagyny geçiriji boýunça akýan toguň ugruna gönükdirip, sag elni galan dört barmagy bilen tokly geçiriji gysymlansa, onda geçirijini gysylan dört barmagyň ugry geçirijini gurşap alan magnit meýdanynyň  **$B$**  wektorynyň güýç çyzygynyň ugruny görkezzer (2.6.6-njy surat).



2.6.6-njy surat. Sag elni düzgüni

Bu düzgüni aýlaw tok üçin hem ulanyp bolar. Onuň üçin sag elni başam barmagyny aýlaw toguň  $Idl$  böleginiň ugruna ugrukdyryp, toguň bölegini sag elni dört barmagy bilen gysymlamaly. Bu ýagdaýda toguň bölegini gysymlaýan dört barmak şol ýerdäki magnit meýdanynyň induksiýasynyň  **$B$**  güýç çyzyklarynyň ugruny görkezzer.

## 2.6.4. Magnit meýdanynyň induksiýasynyň superpozisiýa (wektorlaýyn goşulma) düzgüni

Tejribeleriň görkezişine görä, edil elektrik meýdanynyň güýjlenmesi ýaly magnit meýdanynyň induksiýasy üçin hem superpozisiýa (wektorlaýyn goşulma) düzgüni ýerine ýetýär. Eger magnit meýdany birnäçe tokly geçirijileriň toplумы bilen döredilýän bolsa, onda jem-

leýji meýdanyň induksiýasy aýry-aýry tokly geçirijileriň döredýän induksiýalarynyň wektor jemine deňdir:

$$\mathbf{B} = \mathbf{B}_1 + \mathbf{B}_2 + \mathbf{B}_3 + \dots + \mathbf{B}_i = \sum_{i=1}^N \mathbf{B}_i. \quad (2.6.2)$$

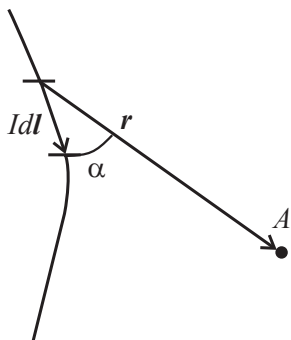
### 2.6.5. Bionyň, Sawaryň we Laplasyň kanuny

Bio, Sawar we Laplas üç alym bolup, bir-birinden bihabar tokly birlik geçirijiniň özünden  $\mathbf{r}$  radius –wektor daşlykda döredýän  $d\mathbf{B}$  magnit meýdanyny hasaplamaga mümkinçilik berýän kanuny tejribe netijesinde ykrar etdiler. Bu kanun fizikada **Bionyň Sawaryň we Laplasyň kanuny** diýlip atlandyrylýar. Bu kanun wektor:

$$d\mathbf{B} = k_m \frac{Id\mathbf{l} \cdot \mathbf{r}}{r^3}, \quad (2.6.3)$$

we skalýar:

$$dB = k_m \frac{Idl}{r^2} \sin \alpha, \quad (2.6.4)$$



2.6.7-nji surat. Tokly birlik geçiriji

görnüşinde ýazylýar. Bu ýerde  $\mathbf{r}$  – induksiýasy hasaplanylýan nokadyň radius-wektory,  $k_m$  – hasaplama sistema bagly bolan hemişelik koeffisiýent,  $r$  – radius – wektoryň moduly;  $\alpha$  –  $\mathbf{r}$  radius-wektor bilen  $Id\mathbf{l}$  tokly bölek geçirijiniň arasyndaky burç (2.6.7-nji surat).

Hasaplamanyň Halkara sistemasynda  $k_m = \mu_0 / (4\pi)$ . Bu ýerde  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Gn/m}$  magnit hemişeligi.

### 2.6.6. Bionyň, Sawaryň we Laplasyň kanunynyň ulanylyşy

Bionyň, Sawaryň we Laplasyň kanuny ulanyp, islendik görnüşdäki tokly geçirijiniň döredýän magnit meýdanynyň induksiýasyny hasaplap bolar.



**Tükeniksiz uzyn inçe tokly göni geçirijiniň magnit meýdanynyň induksiýasyny kesgitlemek üçin 2.6.8-nji suratda görkezilen tükeniksiz uzyn, inçe, göni tokly geçirijini alalyň. Bu geçirijiniň döredýän induksiýasyny kesgitlemek üçin Bionyň, Sawaryň we Laplasyň kanunyny:**

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{Idx}{r^2} \sin \alpha,$$

görnüşinde ýazalyň. Bu suratdan görnüş ýaly,

$$x = b \cdot \operatorname{ctg}(\pi - \alpha) = -b \cdot \operatorname{ctg} \alpha.$$

Bu ýerden:

$$\begin{aligned} \frac{dx}{d\alpha} &= -b \frac{(-\sin^2 \alpha - \cos^2 \alpha)}{\sin^2 \alpha} = \\ &= \frac{b(\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha)}{\sin^2 \alpha} = \frac{b}{\sin^2 \alpha}, \end{aligned}$$

bu ýerde biz  $f' = \frac{u'v - v'u}{v^2}$  düzgünden peýdalandyk. Soňky aňlatmadan

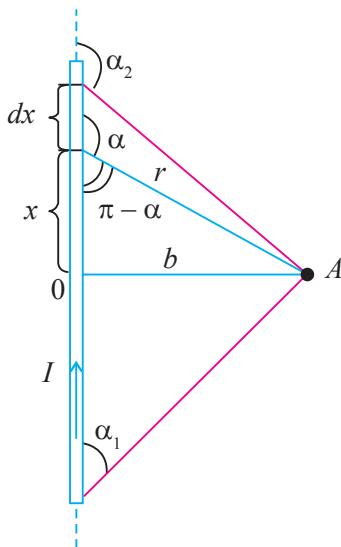
$$dx = \frac{b}{\sin^2 \alpha} d\alpha.$$

Şeýle hem, 2.6.8-nji suratdan  $r$ -iň bahasyny taparys:

$$r = \frac{b}{\sin(\pi - \alpha)} = \frac{b}{\sin \alpha}.$$

Indi  $dx$  we  $r$ -iň bahalaryny Bionyň, Sawaryň we Laplasyň kanunyna goýup, goşulma düzgünini ulanyp, **inçe tokly göni geçirijiniň  $Idx$  böleginiň döredýän magnit meýdanynyň induksiýasyny** hasaplamaga mümkinçilik berýän aňlatmany alarys:

$$\begin{aligned} B &= \int dB = \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I \sin \alpha \cdot b}{\sin^2 \alpha} \cdot \frac{\sin^2 \alpha}{b^2} d\alpha = \\ &= \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I}{b} \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} \sin \alpha d\alpha = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I}{b} [\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2]. \end{aligned} \quad (2.6.5)$$



2.6.8-nji surat.  
Tükeniksiz uzyn, inçe,  
tokly geçiriji

Eger bu geçirijiniň uzynlygy tükeniksiz uzyn bolsa, onda  $\angle\alpha_1 \rightarrow 0$  we  $\angle\alpha_2 \rightarrow \pi$ . Diýmek,  $\cos\alpha_1 = 1$ ,  $\cos\alpha_2 = -1$ . Onda 2.6.5-nji deňligi:

$$B_{t.u.g.} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2I}{b} = \mu_0 \frac{I}{2\pi R}, \quad (2.6.6)$$

bu ýerde  $b \approx R$ . Şeýle-de, 2.6.6-njy aňlatma tükeniksiz uzyn, göni inçe tokly geçirijiniň döredýän magnit meýdanynyň induksiýasynyň aňlatmasydyr.

### 2.6.7. Ýeriň magnit meýdany

Magnit meýdanynyň çeşmesi bolup, tokly geçiriji hyzmat edýän bolsa Ýer şarynyň magnit meýdany nämäniň esasynda döreýär diýen sorag ýüze çykýar? Alymlaryň çaklamalaryna görä Ýer şarynyň-Zeminiň içki gatlaklarynda dürli elektrik geçiriji magdanlar we plazma jemlenen. Geçiriji magdanlaryň içinde bolsa erkin elektronlar bar. Plazma ön belenilişi ýaly, örän dykyz ýerleşen položitel we otrisatel ionlardan ybaratdyr. Ýer şarynyň öz okunyň we Günün daşynda aýlanmagy esasynda Zeminiň içki gatlaklaryndaky geçiriji magdanlaryň we plazmanyň düzümindäki zaryadlanan bölejikleriň çylşyrymly hereketi döreýär. Zaryadlanan bölejikleriň bu hereketi bolsa öz gezeginde Zeminiň hususy magnit meýdanynyň çeşmesi bolup hyzmat edýärler. Şunlukda, Ýer şarynyň daşynda kesgitli ugra ugrukdyrylan güýç çyzyklary bolan induksiýaly magnit meýdany döreýär. Magnit meýdanyň polýuslarynyň üstünden geçýän göni çyzyga magnit meýdanynyň oky diýilýär. Magnit meýdanynyň oky Ýeriň geografiki okuna görä kesgitli burç boýunça ýerleşýär. Şeýle hem, Demirgazyk geografiki *DG* polýusynyň golaýynda Günorta *S* magnit polýusy we tersine, Günorta geografiki *GG* polýusynyň golaýynda bolsa, Demirgazyk *N* magnit polýusy ýerleşýär. Internet maglumatlaryna laýyklykda 2008-nji ýylyň ahyrynda geografiki we magnit meýdanlarynyň oklary biri-birine  $11,5^\circ$ -ly burç bilen ýerleşendirler. Günorta magnit polýusy Ýer şarynyň Demirgazyk ýarymynda Wiktoriýa adalarynyň demirgazygynda (Kanadada) Demirgazyk magnit polýusy bolsa Ýeriň Günorta ýarym şarynda Antraktidanyň kenarlarynyň golaýynda ýerleşendirler. Bu oklaryň

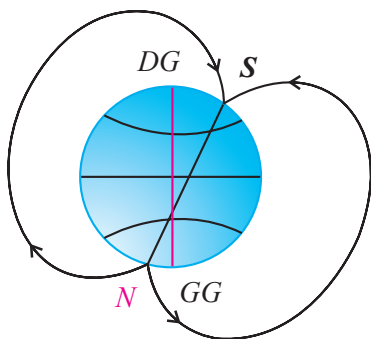
kesişme nokady Ýeriň merkezine düşmeýär (2.6.9-njy surat).

Zeminiň üstüniň hemme ýerlerinde magnit meýdanynyň ululygy birmeňzeş däl. Meselem, magnit ekwatorynda Zeminiň magnit meýdanynyň induksiýasynyň ululygy, takmyn, 34  $mkTl$ , magnit polýuslarda bolsa, ol 66  $mkTl$  deňdir. Aşgabat şäheri üçin bu ululyk, takmyn, 24  $mkTl$  barabar. Zeminiň üstündäki magnit anomal ýerlerde bolsa magnit meýdanyň induksiýasynyň ululygy çürt-kesik artýar. Mysal üçin, Kursk şäheriniň (Russiýa) töweregindäki magnit anomallyklarynda ol, takmyn, 200  $mkTl$  ýetýär.

Alymlaryň çaklamasyna görä Ýeriň geografiki we magnit polýuslarynyň arasyndaky uzaklyk wagtyň geçmegi bilen artýar. Takmyn, 2000 ýylyň dowamynda Ýeriň magnit polýuslary öz orunlaryny çalşýr diýip çaklanylýar. Elektrostatikada, gazlardaky elektrik togunda bellenilişi ýaly, položitel zarýadlaryň massasy otrisatel zarýadlaryňkydan örän uludyr. Şonuň üçin hem, Ýeriň öz okunyň we Günüň töweregindäki hereketiniň netijesinde onuň merkezindäki plazmanyň položitel we otrisatel zarýadlaryna merkeze ymtylýan (merkezden daşlaşýan) güýçler deň täsir etmeýär. Netijede, plazmanyň položitel we otrisatel zarýadlary dürli hilli çylşyrymly hereket etmäge mejbur bolýarlar. Bu bolsa wagtyň geçmegi bilen Ýeriň magnit meýdanynyň polýuslarynyň üýtgemeginiň sebäbi bolýan bolmagy mümkin.

Ýeriň magnit meýdanynyň polýuslarynyň wagtyň geçmegi bilen süýşmegi Zeminiň dürli ýerlerinde Ýeriň magnit meýdanynyň ululygyny özgerdýär.

Ýeriň magnit meýdany ony Günden gelyän radiasiýadan go-raýar. Gün şemaly Gün atmosferasy tarapyndan şöhlelendirilýän we 500  $m/s$  tizlik bilen uçup gelyän zarýadly bölejikleriň akymydyr. Bu zarýadlanan bölejikler Ýeriň magnit meýdanyna aralaşanlarynda ola-



2.6.9-njy surat. Ýeriň geografiki we magnit oklarynyň ýerleşşi

ra Lorensiň güýji täsir edip, radiasiýa şemalyndaky bölejikleriň hereket ugurlaryny üýtgedýär we olary dargadýar. Şunlukda, Ýeriň magnit meýdany ony Günden gelýän radiasiýadan goraýar.

Aslyýetinde Ýeriň we Günüň magnit meýdanlary özara kesgitli gatnaşykdaýdylar. Günüň üstünde tegmilleriň döremek we Günüň tolgunma pursatlarynda Ýeriň atmosferasyna urulýan Gün şemalyndaky zaryadlanan bölejikleriň mukdary juda artýar. Bu bolsa öz gezeginde Ýeriň üstünden, takmyn, 100 km beýiklikdäki ionosfera atlandyrylýan gatlakdaky akýan toklary (zaryadlanan bölejikleriň tertipli hereketini) tolgundyrýar we onuň esasynda Ýeriň magnit meýdany üýtgeýär. Şunlukda, Ýerde wagtal-wagtal magnit tupanlary döreýär. Bu bolsa käbir adamlaryň gan basyşyny üýtgedýär we olaryň iş ukyplaryny peseldýär.

### 2.6.8. Amperiň güýji

Biz magnit meýdanynyň induksiýasyny öwrenenimizde [ $d\mathbf{F} = I d\mathbf{l} \cdot \mathbf{B}$ ] aňlatmadan peýdalandyk. Bu aňlatma tokly geçirijiniň bölegine magnit meýdany tarapyndan täsir edýän güýçdür. Diýmek, ýokardan asylan, gyşarmaga ukyply bolan hemişelik magnit meýdanyndaky tokly geçirijä bu meýdanyň täsir edýän güýjüne *Amperiň güýji* diýilýär. Ol wektor:

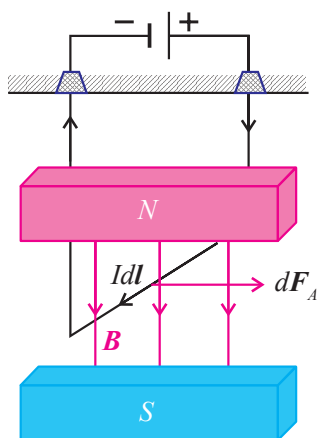
$$d\mathbf{F} = [I d\mathbf{l} \cdot \mathbf{B}], \quad (2.6.7)$$

we skalýar görnüşinde:

$$dF = I dl B \sin \alpha \quad (2.6.8)$$

ýazylýar.

Amperiň güýjüniň ugrы çep eliň düzgüni bilen kesgitlenilýär: *Eger çep eliň aýasyna magnit induksiýasynyň güýç çyzyklary perpendikulýar girer ýaly edip, dört barmagy bolsa, tokly geçirijiniň böleginiň ugruna ugrukdyrylsa, onda 90° burç bilen gapdala uzadylan başam barmak Amperiň güýjüniň ugruny görkezär* (2.6.10-njy surat).



2.6.10-njy surat. Amperiň güýji

### 2.6.9. Lorensiň güýji

Biz ýokarda Amperiň güýjüniň magnit meýdanymda ýerleşdirilen tokly geçirijä täsir edýän güýçdügini anykladyk. Metal geçirijilerdäki elektrik togy bir tarapa ugrukdyrylan erkin elektronlaryň tertipli hereketidir. Niderland fizigi Hendrik Anton Lorens (1853–1928) magnit meýdany tokly geçirijä täsir edýän bolsa, onda ol her bir aýratyn hereketdäki zaryada-da täsir edýändir hasaplapdyr. Lorens Amperiň güýjüniň aňlatmasyndaky elektrik toguny döretmäge gatnaşýan erkin zaryadlaryň mukdaryny ( $q=eN$ ) hasaplap, 2.6.8-nji aňlatmany erkin zaryadlaryň  $N$  sanyna bölüp, magnit meýdanymda hereket edýän her bir aýratyn zaryada magnit meýdany tarapyndan täsir edýän güýji tapypdyr. Häzirki döwürde **magnit meýdanymda hereket edýän zaryadlanan bölejige täsir edýän güýç ony açan alymyň hormatyna  $F_L$  Lorensiň güýji diýip atlandyrylýar.**

Ol wektor görnüşinde:

$$F_L = \frac{\mathbf{F}_A}{N} = \frac{q[\mathbf{v} \cdot \mathbf{B}]}{N} = \frac{eN[\mathbf{v} \cdot \mathbf{B}]}{N} = e[\mathbf{v} \cdot \mathbf{B}], \quad (2.6.9)$$

bu ýerde  $e$  – hereketdäki bölejigiň zaryady,  $\mathbf{v}$  – onuň tizliginiň we  $\mathbf{B}$  – magnit meýdanynyň induksiýasynyň wektorlary.

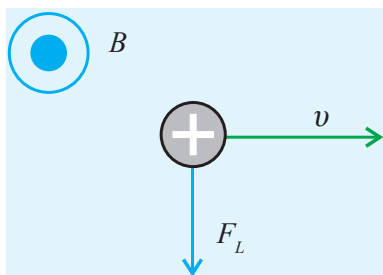
Lorensiň güýji saklanýan ýagdaýyndaky görnüşinde:

$$F_L = evB\sin\alpha, \quad (2.6.10)$$

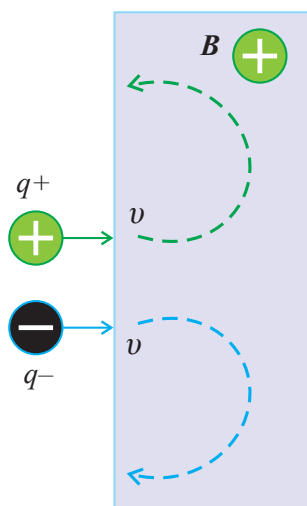
aňladylýar. Bu ýerde  $v$  – zaryadyň tizliginiň moduly,  $B$  – magnit meýdanynyň induksiýasynyň moduly,  $\alpha$  – zaryadyň hereket ugry bilen magnit meýdanynyň  $B$  induksiýasynyň güýç çyzyklarynyň arasyndaky burç.

*Lorensiň güýjüniň ugry hem çep eliň düzgüni bilen kesgitlenilýär. Ýöne bu ýerde zaryadyň hereket ugry hökmünde položitel zaryadyň hereketiniň tizliginiň ugry alynýar (2.6.11-nji surat).*

Eger magnit meýdanymda elektron (otrisatel ion) hereket edýän



2.6.11-nji çyzgy. Magnit meýdanymda hereket edýän zaryada täsir edýän Lorens güýji



2.6.12-nji surat. Magnit meýdanynda hereket edýän zarýadlaryň traýektoriyalary

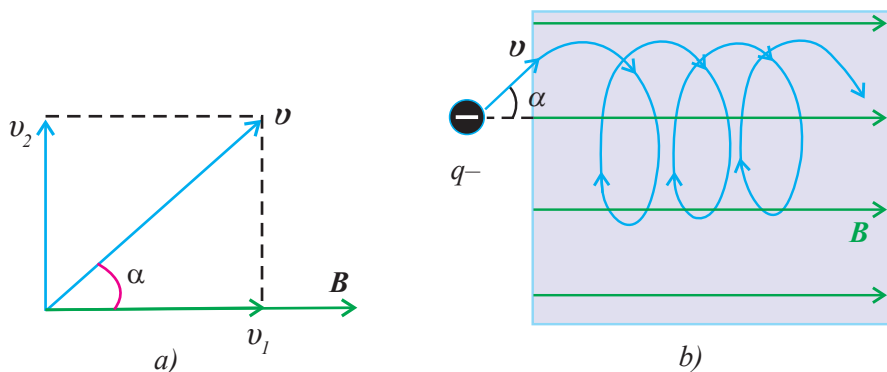
bolsa, onda  $F_L$ -iň ugruny kesgitlemek üçin çep eliň dört barmagyny elektronyň hereket edýän ugrunyň garşysyna ugrukdyrmalydyr. **Diýmek, Lorensiň güýji magnit meýdanynda hereket edýän položitel we otrisatel ionlara täsir edýän güýçdür. Bu güýjüň täsiri netijesinde zarýadlanan bölejikler magnit meýdanynyň täsirine uçran ýagdaýyndan başlap, özläriniň hereket ugurlaryny üýtgedýärler** (2.6.12-nji surat).

Eger zarýadlanan bölejik magnit meýdanynda  $\alpha = \pi/2$  burç bilen girse, onda ol Lorensiň güýjüniň täsiri netijesinde hemişelik radiusly töwerek boýunça hereket eder (2.6.12-nji surat).

Eger zarýadlanan bölejik magnit meýdanynda  $0 < \alpha < \pi/2$  burç bilen girýän bolsa, onda ol nurbatlaýyn hereket eder (2.6.13-nji surat). Bu halda zarýadlanan bölejigiň hereketiniň  $v$  tizligini magnit meýdanynyň  $B$  induksiýasynyň ugruna  $v_1$  we oňa perpendikulýar  $v_2$  düzüjilere dargadyp bolar. Tizlikleriň  $v_1$  düzüjisi boýunça zarýadlanan bölejige magnit meýdanynyň täsiri  $v_1 = v \cos \alpha$  tizlik bilen  $B$  induksiýanyň çyzyklaryna parallel hereket eder. Tizligiň  $v_2$  düzüjisi bolsa,  $B$ -niň çyzygyna görä perpendikulýar ugrukdyrylan. Bu hal ýokarda seredildi we tizligiň bu düzüjisi boýunça zarýadlanan bölejik magnit meýdanynda töwerekleýin magnit meýdanynyň induksiýasyna (2.6.13-nji suratynyň tekizligine) perpendikulýar tekizlikde hereket eder. Şeýlelikde, zarýad şol bir wagtyň özünde iki öňe we töwerek boýunça hereketde bolany üçin ol nurbatlaýyn hereket eder.

Eger zarýadyň hereket edýän giňişliginde magnit meýdanyndan başga elektrik meýdany hem bar bolsa, onda oňa täsir edýän doly güýç

$$F = qE + q [\mathbf{v} \cdot \mathbf{B}], \quad (2.6.11)$$



2.6.13-nji çyzgy. Magnit meýdanynda hereket edýän zarýadlaryň traýektoriýalary

görnüşinde ýazylýar. Bu ýerde  $qE$ —zarýada täsir edýän elektrik meýdanynyň güýji bolup, onuň täsir ugry zarýadyň alamatyna baglydyr. Eger  $q$  zarýad otrisatel bolsa,  $F$  güýjüň bu düzüjisi elektrik güýjenmesiniň  $E$  wektorynyň garşysyna we zarýad položitel bolan ýagdaýynda, onuň ugruna tarap täsir eder. *Diýmek, elektromagnit meýdanynda kesgitli alamatly zarýadlar hereket edende, bu meýdanlaryň ugurlaryny we ululygyny saýlap, hereket edip gelyän zarýadlanan bölejikleri bütinleý yzyna gaýtaryp hem bolar.*

Umuman zarýadlanan bölejikleriň magnit meýdanyndaky hereketinde Lorens güýjüniň ýüze çykmagy birnäçe  $MeV$  energiýaly kinetik energiýasy bolan elementar zarýadlary almaklyga mümkinçilik döretdi.

### 2.6.10. Magnit we elektrik güýçleriniň gatnaşygy

Bionyň, Sawaryň we Laplasyň kanunyndaky tok güýjüni  $I=q/t$  görnüşinde ulanyp ýazalyň:

$$B = k_m \frac{q}{r^2} \frac{l}{t} \sin \alpha = k_m v \frac{q}{r^2} \sin \alpha, \quad (2.6.12)$$

bu ýerde  $|\mathbf{r}| = r$ ,  $\alpha$  — bolsa,  $\mathbf{v}$  we  $\mathbf{r}$  wektorlaryň arasyndaky burç. Ahyrky aňlatma  $v \ll c$  tizlik bilen hereket edýän  $q$  zarýadyň özün-

den  $r$  uzaklykda döredýän magnit meýdanynyň induksiýasydyr. Eger  $\sin\alpha=1$ , ýagny ( $\alpha=\pi/2$ ) bolsa, onda bu aňlatmany:

$$B = k_m \nu \frac{q}{r^2}, \quad (2.6.13)$$

görnüşinde ýazyp bolar. Bu aňlatma girýän ( $q/r^2$ ) ululyk elektrik meýdanynyň güýjenmesiniň aňlatmasyna hem girýär. Ýagny:

$$E = k_m \cdot \frac{q}{r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2}.$$

Bu deňlemelerden:

$$B = k_m \nu \frac{q}{r^2} = 4\pi\epsilon_0 k_m \nu E, \quad (2.6.14)$$

ýazyp bolar. Bu ýerde  $k_e = r/4\pi$  elektrik we  $k=\mu_0 / (4\pi)$  magnit hemişeligi bolany üçin, 2.6.14-nji deňligi:

$$B = \mu_0 \epsilon_0 \nu E, \quad (2.6.15)$$

görnüşinde ýazyp bolar.

Hereketdäki  $q$  zarýadyň döredýän  $B$  induksiýaly magnit meýdanyndaky  $\nu'$  tizlikli  $q'$  zarýada Lorensiň güýji täsir edýär. Bu güýç magnit meýdanynyň täsir güýçleri bolany üçin, ony  $F_{mag}$  bilen belläliň:

$$F_{mag} = q' \nu' B.$$

Bu ýerde  $\sin\alpha=1$  hasaplanylady. Onda 2.6.15-nji deňligi bu aňlatmada goýup, aşakdaky deňligi alarys:

$$F_{mag.} = k_m \nu \frac{qq' \nu \nu'}{r^2} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{qq' \nu \nu'}{r^2}. \quad (2.6.16)$$

Eger hereket edýän zarýadlaryň tizlikleri özara deň ( $\nu' = \nu$ ) bolsalar, onda

$$F_{mag} = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{qq'}{r^2} \nu^2. \quad (2.6.17)$$

Mälim bolşy ýaly, hereket edýän zarýadlaryň  $\nu$  tizlikleri elektromagnit tolkunynyň ýaýraýyş tizliginden has kiçi ( $\nu \ll c$ ) bolanda, olaryň döredýän elektrik meýdany hereketsiz zarýadyň döredýän elektrik meýdanyndan hiç hili tapawudy ýokdur. Şonuň üçin hem, zarýadlara täsir edýän elektrik güýjüni:



$$F_{el} = F_{el2} = F_{el} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq'}{r^2}, \quad (2.6.18)$$

hasaplap bolar.

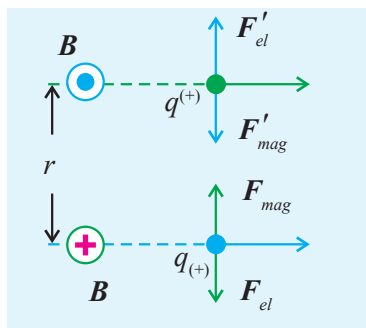
Magnit we elektrik güýçleriniň gatnaşyklaryny 2.6.17-nji we 2.6.18-nji deňliklerden alarys:

$$\frac{F_{mag}}{F_{el}} = \mu_0 \epsilon_0 v^2 = \left(\frac{v}{c}\right)^2, \quad (2.6.19)$$

bu ýerde:  $c = 1/\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}$  elektromagnit tolkunynyň ýaýraýyş tizligidir.

Ahyrky deňleme  $v \ll c$  şert üçin alnandygyna garamazdan, ol zarýadlaryň islendik tizligi üçin dogrudyr.

Biri-birinden  $r$  uzaklykda ýerleşen we göni çyzykly parallel hereket edýän ( $q > 0$  we  $q' > 0$ ) zarýadlaryň elektrik we magnit özaratäsir güýçleri garşylykly tarapa ugrukdyrylandyrlar (2.6.14-nji surat). Ýokardaky 2.6.19-njy gatnaşykdan görnüşi ýaly, magnit güýji elektrik güýjünden zarýadyň tizliginiň elektromagnit tolkunynyň (ýagtylygyň) tizligine bolan gatnaşygynyň ikinji derejesine deň bolan ululyk ýaly gowşakdyr.



2.6.14-nji çyzgy. Hereket edýän zarýadlaryň özaratäsir güýçleri

Bu aňlatma elektrik we magnit hadysalarynyň özara ysnyşykly baglanyşyklydygyny ýene-de bir gezek subut edýär. Şonuň ýaly hem, 2.6.19-njy aňlatma hereket edýän zarýadlaryň arasyndaky magnit özaratäsiriniň aňryçäk tizliklerde (relýatewist) ýüze çykýan hadysadygyny aňladýar. Eger ýagtylygyň tizligi tükeniksiz uly bolan bolsa, onda magnetizm ýiterdi.

Adaty şertlerde metal geçirijilerdäki elektronlaryň bir tarapa ugrukdyrylan hereketiniň tizligi  $v \approx 10^{-3} m/s$  bolany üçin, elektronlaryň magnit özaratäsiri olaryň elektrik (Kulon) özaratäsirinden, takmynan,  $10^{23}$  esse kiçidir. Şonuň üçin, hereket edýän zarýadlaryň magnit özaratäsirini hasaba almak gerekmi kä diýen sorag ýüze çykýar. Muňa jogap bermek üçin islendik geçirijide zarýadlaryň iki alamatynyň

hem deň mukdardadyklaryny bellemeli. Diýmek, elektrik tokly geçirijiler elektrik taýdan bitarapdyrlar. Ýagny geçirijilerde položitel we otrisatel zarýadlaryň elektrik güýçleri uly takyklykda biri-birini ýok edýärler. Olaryň ýok ýerlerinde bolsa, magnit meýdanynyň ujypsyzja güýjüni hem hasaba almalydyr. Hakykatdan hem, elektromotorlaryň hereket edýän sarymlaryndaky elektronlar magnit güýçleri bilen özaratäsirleşýärler. Elektromotorlaryň hereketlendirijileri hut magnit güýçleriniň hasabyna işleýärler.

### 2.6.11. Magnit meýdanyndaky tokly ramka

Gönüburçly ramkanyň üstüne geçirilen  $n$  normal bilen birhilli magnit meýdanynyň  $B$  induksiýasynyň wektory  $\alpha$  burçy emele getirer ýaly edip ýerleşdirilse, tokly ramka aýlandyryjy goşa güýjüň  $M$  momenti täsir edýär. Adatça, bu goşa güýjüň momenti ramkanyň aýlanma okuna görä özara parallel garşylykly tarapa ugrugandyr. Bu momentleriň her biriniň ululygy  $F_A$  Amperiň güýjüniň ramkanyň  $\frac{1}{2}a$  aýlanma egnine köpeldilmegine deňdir:

$$M = M_1 + M_2 = F_A \frac{1}{2}a + F_A \frac{1}{2}a = F_A a. \quad (2.6.20)$$

Bu deňlikdäki Amperiň güýjüniň ornuna onuň aňlatmasyny goýup alarys:

$$M = I l B a \cdot \sin \alpha = I S B \sin \alpha, \quad (2.6.21)$$

bu ýerde  $S = al$  – ramkanyň meýdany.

Ramkanyň  $S$  meýdanynyň ony gurşap alýan  $I$  tok güýjüne köpeldilmegine ramkanyň  $P_m = IS$  magnit momenti diýilýär. Muny hasaba alyp, 2.6.21-nji aňlatmany

$$M = p_m B \sin \alpha, \quad (2.6.22)$$

görnüşinde ýazyp bolar.

Iş ýüzünde hemme magnit elektrik sistemaly ölçeyjiler bolan galwanometr, ampermetr, woltmetr, watmetr we ş.m. abzallaryň işleýşi magnit meýdanynda ýerleşdirilen tokly ramkada döreýän goşa güýjüň momentine esaslanandyrlar. Bu hilli ölçeyji abzallaryň ramkasy  $N$  sarymdan ybarat bolany üçin olaryň ramkasynda döreýän magnit momentini  $M = I N S B \sin \alpha$  görnüşde ýazyp bolar. Ölçeyji abzallaryň

durnukly halyna ramkasynyň üstüne geçirilen  $n$  normal bilen  $\mathbf{B}$  wektoryň arasyndaky  $\alpha$  burçy  $\pi/2$  deň bolýar. Bu halatda ramkanyň magnit momenti

$$M = INSB = C\varphi,$$

görnüşinde ýazylyar. Bu ýerde  $C$  – her bir abzal üçin aýratyn hemişelik ululyk,  $\varphi$  – ramkanyň gysarma burçy,  $N$ ,  $S$  – degişlilikde, ramkanyň sarymlarynyň sany we meýdany,  $B$  – magnit meýdanynyň induksiýasy.

Bu aňlatmadan ramkanyň üstünden geçýän  $I$  tok güýjüni:

$$I = \frac{C\varphi}{NSB}, \quad (2.6.23)$$

deňlik boýunça hasaplap bolar.

## 2.6.12. Magnit meýdanynyň işi

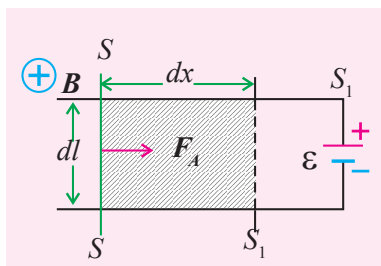
Magnit meýdanynda ýerleşdirilen elektrik tokly geçirijä meýdan tarapyndan güýç täsir edýändigini sebäpli, geçirijiniň hereket etmegi netijesinde kesgitli iş edilýär. Bu işiň ululygyny kesgitlemek üçin 2.6.15-nji suratda şekillendirilen elektrik zynjyryna seredeliň. Goý, bu zynjyrdaky  $SS$  geçiriji sähelçe güýjüň täsiri netijesinde özara parallel geçirijileriň boýuna hereket etmäge ukyply bolsun. Eger  $SS$  elektrik tokly geçirijiniň töwereginde okyýdan çyzygynyň tekizligine perpendikulýar ugrukdyrylan  $\mathbf{B}$  induksiýaly birhilli magnit meýdany döredilse, tokly geçirijiniň  $SS$  bölegine  $\mathbf{F}_A$  Amperiň güýji täsir eder. Şeýlelikde,  $SS$  geçirijini  $dx$  aralyga, ýagny  $S_1S_1$  ýagdaýa süýşürmek üçin magnit meýdany  $dA$  mehaniki işi ýerine ýetirer:

$$dA = F_A dx,$$

bu ýerde  $F_A = I l B$ . Onda

$$dA = I l B dx = I B dS. \quad (2.6.24)$$

bu ýerde  $dS = l dx$   $SS$  geçirijiniň süýşmegi bilen emele gelen, «şekillendirilen»  $SSS_1S_1$  meýdandyr (2.6.15-nji surat).



2.6.15-nji surat. Birhilli magnit meýdanyndaky tokly geçiriji

Eger magnit meýdanynyň  $B$  induksiýasy geçirijiniň süýşme-ginden emele gelen meýdana  $\pi/2$ -den tapawutly islendik  $\alpha$  burçy bilen düşýän bolsa,  $B$  induksiýasynyň  $dS$  üste geçirilen  $n$  normalyň ugruna  $B_n = B \cos \alpha$  proyeksiýasyny almaly. Bu halda magnit meýdanynyň ýerine ýetiren işini

$$dA = IB \cos \alpha \cdot dS = IB_n dS, \quad (2.6.25)$$

görnüşinde ýazyp bolar.

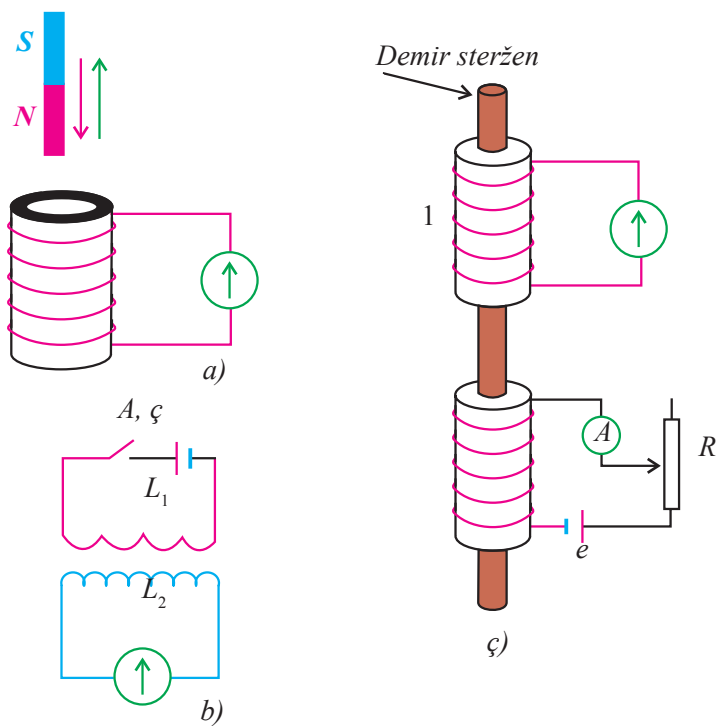
## 2.7. ELEKTROMAGNIT INDUKSIÝASYNY ÖWRETMEGIN USULYÝETI

### 2.7.1. Elektromagnit induksiýa hadysasy. Lensiň düzgüni

Elektrik tokly geçirijiniň töwereginde magnit meýdanynyň bolmagy görnükli inlis fizigi Faradeýi onuň ters hadysanyň, ýagny «magnit meýdany elektrik toguny emele getirip bilmezmikä» diýen pikiri döredipdir. Şeýlelikde, 1831-nji ýylda Faradeý tarapyndan elektromagnit induksiýa hadysasy açylypdyr.

*Bu hadysa görä, islendik ýapyk geçiriji halka bilen çäklenen üstün içinden geçýän  $\Phi$  magnit induksiýasynyň akymynyň üýtgemegi bu geçiriji halkada induksiýanyň EHG-sini döredýär. Ol elektromagnit induksiýa hadysasy diýlip atlandyrylýar.*

Eger uçlaryna galwanometr dakylan sim tegegininiň içinde hemişelik magnit hereketlendirilse, onda tegegiň zynjyryna dakylan galwanometr induksiýanyň elektrik hereketlendiriji güýjüniň (EHG-niň) döreýändigini görkezzer (2.7.1-nji *a* surat). Özi hem magnit tegege girizilende, galwanometriň görkeziji dili bir tarapa, ol tegekdən çykarylada bolsa, garşylykly tarapa gysarýar. Tegekte döreýän induksiýanyň EHG-siniň ugry onuň içinde hereket etdirilýän magnitiň ugruna baglydyr. Hemişelik magniti dynçlykda goýup, tegegiň içine magnit girip çykar ýaly edip, tegegiň özi hereketlendirilse hem, edil öňki tejribedäki ýaly galwanometr tegegiň zynjyrynda induksiýanyň EHG-siniň döreýändigini görkezzer. Eger uçlaryna galwanometr birikdirilen  $L_2$  simden taýýarlanan tegegiň golaýynda elektrik togunyň



2.7.1-nji surat. Faradeýiň tejribeleriniň çyzgylary

çeşmesi we utgaşdyryjy  $A\zeta$  açar bilen yzygider birikdirilen  $L_1$  tegegi ýerleşdirip, açar utgaşdyrylsa, galwanometr  $L_2$  tegekde gysga wagtlyk induksiýanyň EHG-siniň döreýändigini görkezەر (2.7.1-nji  $b$  surat). Soňra,  $L_1$  tegekde dowamly wagt hemişelik elektrik toguň bolmagy  $L_2$  tegekde induksiýanyň EHG-sini döretmeýär. Eger indi açar ýazdyrylsa, edil onuň utgaşdyrylandakysy ýaly  $L_2$  tegegiň zynjyryna birikdirilen galwanometr garşylykly tarapa gysga wagtlaýyn gyşarar.

Şeýle hem, Faradeý uzyn şol bir demir steržene biri-biri bilen baglanyşyksyz iki tegek geýdirip, olaryň birini (1) galwanometre ikinji (2) tegegi bolsa yzygider tok çeşmesine,  $R$  reostata we ampermetre birikdirýär (2.7.1-nji  $\zeta$  surat). Faradeý ikinji tegekden geçýän tok güýjüniň ululygyny  $R$  reostat bilen üýtgedende birinji tegekde induksiýa hadysasynyň döreýändigini we oňa birikdirilen galwanometriň görkeziji diliniň gyşarýandygyny görüpdir.

*Ýokarda agzalan tejribelerdäki elektromagnit induksiýa hadysasynyň ýüze çykmagy nämeden ybaratka?*

Birinji tejribedäki tegekde induksiýa hadysasy diňe tegegiň ýa-da magnitiň biri-birine görä hereketde bolýan pursadynda ýüze çykýar. Olaryň biri-birine görä hereketi togtadyldygy, bu hadysa hem kesilýär. Ikinji tejribedäki bolýan hadysa hem birinjidäkä meňzeş. Ýagny tegekleriň birinde elektrik toguň özüniň nola deň bahasyndan iň uly bahasyňa çenli artmagy ýa-da tersine, iň uly bahasyndan nola çenli azalmagy netijesinde üýtgeýän magnit meýdanynyň döremegi onuň golaýynda ýerleşdirilen ikinji tegekde induksiýa hadysasyny döredýär. Üçünji tejribede (2.7.1-nji ç surat) aşaky 2-nji tegekdən geçýän tok güýjüniň ululygynyň üýtgemegi onuň döredýän we steržen boýunça 1-nji tegegiň içinden geçýän magnit induksiýasynyň akymynyň ululygynyň wagt birliginde üýtgemegini döredýär.

Diýmek, bu tejribeleriň hemmesinde geçiriji tegegiň töwereginde üýtgeýän magnit meýdany emele gelyär. Bu bolsa tegegiň (geçiriji halkanyň) içinden geçýän  $\Phi$  magnit induksiýanyň akymynyň wagt birliginde üýtgemegini üpjün edýär.

Ýapyk geçiriji halkany bir hilli magnit meýdanýnda aýlandyrylsa hem, onuň içinde induksiýa akymy ýüze çykýar. Bu halatda halkanyň töweregindäki magnit meýdanynyň induksiýasy hemişelik bolup, diňe geçiriji halkanyň içinden geçýän magnit induksiýanyň akymy üýtgeýär. Eger agzalan halka birhilli magnit meýdanýnda öz-özüne parallel hereketlendirilse, geçiriji halkada elektromagnit induksiýa hadysasy döremez. Sebäbi, bu ýagdaýda geçiriji halkadan geçýän magnit induksiýanyň akymy wagt birliginde üýtgemeýär.

**Ýokarda getirilen tejribelerden görnüşi ýaly, induksiýa togunyň döremegi üçin islendik usul bilen hem bolsa, geçiriji halkanyň içinden geçýän magnit akymynyň wagt birliginde üýtgemegi zerurdyr.**

Bu halda geçirijide döreýän induksiýa togunyň EHG-si aşakdaky ýaly ýazylýar:

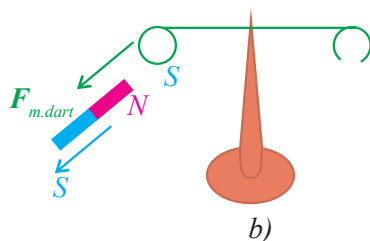
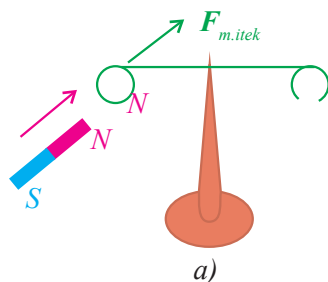
$$\varepsilon = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}. \quad (2.7.1)$$

Bu deňligiň sagyndaky minus alamaty Lensiň düzgünine laýyklykda goýulýar.

**Lensiň düzgüni.** Rus fizigi Lensiň (1804–1865) düzgünine laýyklykda **induksiýanyň EHG-si elmydama özüni döredýän sebäpleriň üýtgemegine garşylyk görkezەر ýaly tarapa ugrugandyr.**

Muňa laýyklykda, geçiriji tegege hemişelik magnitiň haýsy hem bolsa bir (mysal üçin, demirgazyk) polýusy ýakynlaşdyrylsa, tegekde döreýän induksiýa togy özüne ýakynlaşyp gelýän magnit polýusyna garşylyk görkezەر ýaly, özüniň oňa ýakyn ujunda onuň bilen bir atly (ýagny demirgazyk) magnit polýusyny döredەر ýaly tarapa akýar. Hemişelik magnit tegekden çykarylanda, ýagny ol tegekden daşlaşdyrylyp başlanylanda bolsa, tegekde döreýän induksiýa toguň ugry onuň daşlaşmagyna garşylyk görkezmek üçin onuň bilen garşylykly (günorta) magnit polýusyny emele getirer ýaly ugur boýunça akýar. Lensiň düzgünini

2.7.2-nji *a* we *b* suratlarda görkezilen gurluşyň kömegi bilen barlap bolar. Eger hemişelik magnitiň *N* polýusy aýlanma okuna görä gorizontall deňagramlylykda duran bitewi alýumin halka golaýlaşdyrylsa, halkanyň golaýlaşýan polýusa ýakyn üstünde onuň bilen bir atly magnit polýusy döreýär. Bir atly polýuslaryň itekleşmegi esasynda aýlanmaga ukyply halka ýakynlaşýan polýus tarapyndan magnit itekleýji ( $F_{m.itek}$ ) güýç täsir edýär we halka gorizontall okuň töwereginde gyşaryp daşlaşýar (2.7.2-nji *a* surat). Hemişelik magnitiň *N* polýusy halkadan daşlaşdyrylanda bolsa, halkada dörän induksiýa togy özüniň ugruny garşylykly tarapa üýtgedýär we bu ýerdäki magnit polýusy hem garşylykly atly bolýar. Şunlukda, daşlaşyp barýan *N* hemişelik magnit polýusy halkadaky adyny üýtgeden *S* polýusyny  $F_{m.dar}$  magnit dartýş güýji bilen çekýär we alýumin halkasy daşlaşýan hemişelik magnitiň yzyna düşmek üçin oňa tarap gyşarýar (2.7.2-nji *b* surat).



2.7.2-nji çyzgy. Lensiň düzgüni barlanýan gurluş

### 2.7.2. Induksiýanyň elektrik hereketlendiriji güýji

Induksiýanyň EHG-sini magnit meýdanynyň edýän işiniň üsti bilen hasaplamak üçin 2.6.15-nji suratdan peýdalanalyň. Bu ýerde energiýanyň saklanma kanunyna laýyklykda elektrik togunyň çüşmesiniň  $dt$  wagat aralygynda ýerine ýetirýän işiniň aňlatmasynyň ýazalyň:

$$dA = I\varepsilon dt. \quad (2.7.2)$$

Seredilýän geçirijiniň töwereginde magnit meýdany bolmadyk ýagdaýynda, tok çüşmesiniň doly energiýasy Joulyň we Lensiň ýylylygyna harçlanar. Ýagny geçirijiden  $I$  elektrik togy geçende, ol gyzyňar we ondan

$$dQ = I^2 R dt, \quad (2.7.3)$$

ýylylyk bölünip çykýar.

Eger tokly geçiriji halka bir hilli magnit meýdanynda ýerleşdirilse, onda Joulyň we Lensiň ýylylygyndan başga-da, magnit meýdanynyň  $dA_{mag} = Id\Phi$  işine hem harçlanylýar. Ýagny:

$$I\varepsilon dt = I^2 R dt + Id\Phi, \quad (2.7.4)$$

bu ýerden

$$I = \frac{\varepsilon - d\Phi/dt}{R}. \quad (2.7.5)$$

Bu aňlatmany ýapyk elektrik zynjyry üçin Omuň  $I = \varepsilon / R$  kanuny bilen deňeşdirip, onuň sanawjysynyň iki ululykdan, tok çüşmesiniň  $\varepsilon$  EHG-sinden we  $-d\Phi/dt$  ululykdan ybaratdygyny görýäris. Bu ululyk geçiriji halka bilen çäklenen meýdandan geçýän  $\Phi$  magnit akymynyň üýtgemegi netijesinde ýüze çykýan induksiýanyň EHG-sidir. Bu ululygy  $\varepsilon_{in}$  bilen belläp,

$$\varepsilon_{in} = -\frac{d\Phi}{dt}, \quad (2.7.5')$$

görnüşinde ýazyp bolar. **Bu aňlatma elektromagnit induksiýa hadysasy üçin Faradeýiň kanunydyr.** Bu gatnaşyk magnit akymynyň üýtgemeginiň nähili usulda gazanylýandygyna bagly däl. Eger



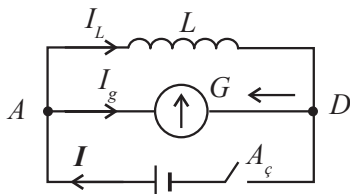
magnit induksiýasynyň akymynyň içinden geçýän geçiriji kontury  $N$  sarymdan ybarat bolsa, onda 2.7.5'-nji deňligi:

$$\varepsilon_{in} = -N \frac{d\Phi}{dt}, \quad (2.7.6)$$

ýazyp bolar.

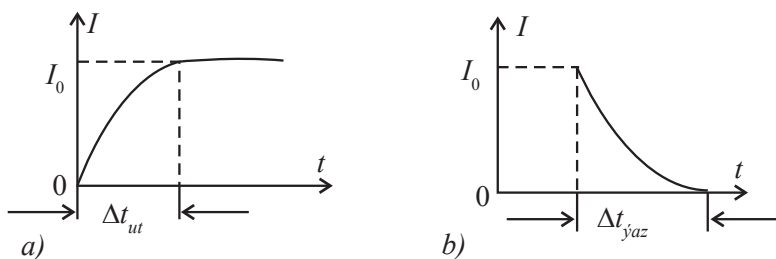
### 2.7.3. Öz-özünde induksiýa hadysasy

Elektromagnit induksiýa hadysasy geçiriji halkanyň içinden geçýän magnit induksiýasynyň akymynyň üýtgemegi netijesinde ýüze çykýar. Bu ýerde magnit induksiýasynyň akymynyň üýtgeýiş usulynyň aýratyn ähmiýeti ýok. Eger geçiriji halkadan üýtgeýän elektrik tok geçse, onuň döredýän magnit meýdany hem wagt birliginde üýtgär. Bu bolsa, öz gezeginde geçiriji halkanyň içinden geçýän wagt birliginde üýtgeýän magnit induksiýasynyň akymyny döreder. Şunlukda, geçiriji halkada induksiýa togy döreýär. Bu hadysanyň öz-özünde bolýandygy üçin, oňa öz-özünde induksiýa, onuň EHG-sine bolsa, öz-özünde induksiýanyň EHG-si diýilýär. Muňa mysal edip, elektrik zynjyrlar utgaşdyrylanda we ýazdyrylanda döreýän ekstra toguny getirip bolar (2.7.3-nji surat). Bu çyzgyda:  $L$  – solenoid (uzyn tegek),  $G$  – noly görkeziji şkalasynyň ortasynda bolan galwanometr,  $A\zeta$  – utgaşdyryjy (ýazdyryjy) açar.



2.7.3-nji surat. Ýapyk elektrik zynjyry

Eger  $A\zeta$  açar utgaşdyrylsa, zynjyrdan akýan tok  $A$  nokatda  $ALD$  we  $AGD$  ikä şahalanýar. Ol  $\Delta t_{ut}$  utgaşma wagt aralygynda özüniň  $I = 0$  bahasyndan maksimal  $I = I_0$  ululygyna çenli eksponent ( $e$  dereje) boýunça artýar (2.7.4-nji  $a$  surat) we galwanometr saga gyşarýar. Zynjyrdaky toguň ugry 2.7.3-nji suratda üznüksiz peýkamjagaz bilen görkezilen. Eger indi ululygy  $I = I_0$  bolan hemişelik tok güýjüniň zynjyryndaky  $A\zeta$  açary ýazdysak, agzalan şahalanmanyň ikisindäki toguň güýji hem  $\Delta t_{yaz}$  wagtynyň dowamynda  $I = 0$ -la çenli eksponent boýunça azalar (2.7.4-nji  $b$  surat).



2.7.4-nji surat. a) utgaşma; b) ýazdyrma toklary

Bu bolsa agzalan toklaryň ikisiniň hem döredýän magnit meýdanlarynyň induksiýalarynyň ululygyny wagt birliginde üýtgeder. Şunlukda, solenoidiň sarymlarynyň içinden geçýän magnit induksiýasynyň akymynyň ululygynyň wagt birliginde üýtgemegine getirer. Elektromagnit induksiýa hadysasyndan mälim bolşy ýaly, geçiriji halkanyň içinden geçýän magnit induksiýasynyň akymynyň üýtgemegi onuň içinde induksiýanyň toguny döredýär. Diýmek, *Aç* açar utgaşdyrylanda we ýazdyrylanda,  $L$  solenoidda öz-özünden induksiýa togy döreýär. Bu toga başgaça **utgaşdyrmanyň (ýazdyrylmanyň) ekstra togy** hem diýilýär.

Lensiň düzgüni boýunça zynjyr ýazdyrylanda döreýän öz-özünden induksiýanyň togy zynjyrdan akýan azalyp barýan togy goldajak bolup, onuň ugruna akýar. Ýagny bu induksiýa togy solenoidda çepden saga edil çeşmeden gelýän esasy tok bilen ugurdaşdyr. Bu halda *Aç* açar ýazdyrylgy bolany üçin öz-özünde induksiýanyň togy *DGA* ugur boýunça galwanometriň üstünden geçmeli bolýar (onuň ugry suratda üznükli peýkamjagaz bilen görkezilen). Galwanometriň görkezijisi bu toguň hasabyna nolda durman, az-owlak çepe geçer we ol kesilenden soňra nolunjy bölüme dolanar.

Seredilen mysalda biz diňe solenoidiň zynjyrynda döreýän ekstra toga üns berdik. Umuman, ekstra tok galwanometriň dakylan zynjyrynda hem döreýär. Emma onuň ululygy birnäçe sarymly solenoidda döreýän ekstra tok bilen deňeşdireniňde örän ujypsyzdyr.

### 2.7.4. Öz-özünde induksiýa koeffisiýenti

Ýokarda seredilenlerden mälim bolşy ýaly, dürli görnüşli geçirijileriň öz-özünde induksiýa hadysasyny ýüze çykarmak ukyp-lary birmeňzeş däl. Elektrik geçirijileriň öz-özünde induksiýa hadysasyny ýüze çykaryjylyk ukyp-lary olaryň öz-özünde induksiýa  $L$  koeffisiýentleri bilen kesgitlenilýär. Bu koeffisiýenti solenoid üçin hasaplalyň. Solenoidiň esasyňyň  $S$  meýdanýndan geçýän magnit akymy  $\Phi = BS \cos \alpha$ , bu ýerde  $\alpha = \pi/2$ , onda  $\cos \alpha = 1$ . Diýmek, solenoidiň esasyňyň meýdanýndan geçýän magnit induksiýasynyň akymy

$$\Phi_{sol} = \mu_0 n S I. \quad (2.7.5)$$

bu ýerde  $\mu_0 n I = B_{sol}$  – üstünden  $I$  tok güýji akýan uzynlyk birligi-ne düşýän sarymlarynyň sany  $n$  bolan solenoidiň döredýän magnit meýdanynyň induksiýasy. Berlen solenoid üçin  $\mu_0 n S =$  hemişelik. Onda şol bir solenoidiň döredýän magnit meýdanynyň induksiýasy diňe onuň üstünden geçýän toguň güýjüne bagly ( $B \sim I$ ). Diýmek, ýa-pyk geçiriji konturlardan (halkalardan) geçýän magnit induksiýanyň akymy geçiriji konturlaryň hemişelik häsiýetlerini özünde jemleýän onuň  $L$  koeffisiýente we onuň üstünden geçýän tok güýjüne bagly:

$$\Phi_{sol} = L I. \quad (2.7.6)$$

Bu aňlatmadaky  $L$  öz-özünde induksiýa koeffisiýenti ýa-da ýöne induktiwlik koeffisiýenti diýilýär. Ýokarda ýazylan (2.7.5) we (2.7.6) aňlatmalaryň esasynda solenoid üçin:

$$L_{sol} = \mu_0 n S. \quad (2.7.7)$$

Faradeýiň elektromagnit induksiýa hadysasyna laýyklykda öz-özünde induksiýanyň EHG-sini:

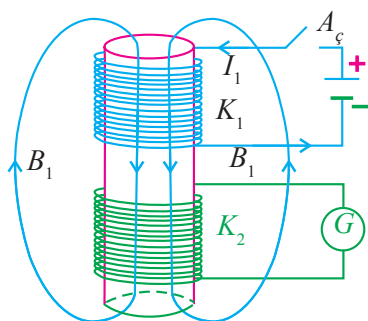
$$\varepsilon_{öz} = - L \frac{dI}{dt}, \quad (2.7.8)$$

görnüşinde ýazyp bolar. Bu aňlatmadan taparys:

$$L = \left| \frac{\varepsilon}{dI/dt} \right|. \quad (2.7.9)$$

Muňa laýyklykda, öz-özünde induksiýanyň  $L$  koeffisiýenti geçirijileriň (seredilen mysalda geçiriji halkanyň) öz-özünde induksiýa hadysasyny ýüze çykaryp bilijilik ukybydyr diýsegem ýalňyşmarys. Ol 2.7.9-njy aňlatmanyň esasynda geçirijiden  $1 \text{ A/s}$  tizlikli üýtgeýän tok güýji geçende, onuň içinde  $1 \text{ W}$  öz-özünde induksiýanyň EHG-si döreýän bolsa, onuň ýaly geçirijiniň induksiýa koeffisiýenti ölçegleriň Halkara sistemasynda genrilerde hasaplanylýar  $[Gn] = \left[ \frac{W}{A/s} \right]$ .

### 2.7.5. Özara induktiv tegekler



2.7.5-nji surat. Özara induktiv tegekler

Şol bir demir steržene dakylan iki sany tegekleriň  $K_1$  sarymlysy açaryň ( $A\phi$ ) üsti bilen hemişelik tok çeşmesine dakylan (2.7.5-nji surat). Açar zynjyra utgaşdyrylanda galwanometr bilen uçlary birikdirilen  $K_2$  sarymly tegekden gysga wagtlaýyn elektrik togunyň geçýändigini görüp bolar. Munuň sebäbi birinji tegek tok çeşmesine utgaşdyrylanda onuň üstünden geçýän tok güýji  $\Delta t$  wagt aralygynda  $\Delta I$  ululyga artýar. Bu bolsa ikinji tegegiň içinden geçýän magnit akymynyň üýtgemegini üpjün edýär we öz-özünde induksiýa hadysasynyň esasynda induksiýa togy döreýär.

***Birinji tegekden geçýän toguň ululygy (ýa-da ugry) üýtgäninde ikinjisinde induksiýa togy döreýän tegekler özara induktiv hasaplanylýar.***

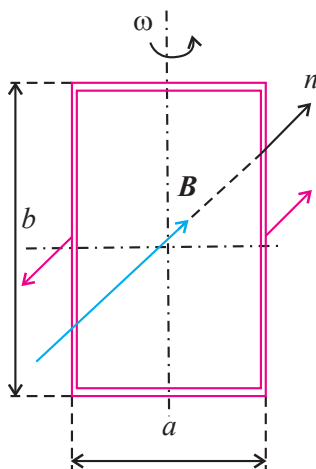
Diýmek, 2.7.5-nji suratdaky tegekler özara induktiv tegeklerdir.

Özara induktiv tegekler radioteknikada, elektroteknika, transformatorlary taýýarlamakda we ş.m. ýerlerde giňden ulanylýar.

## 2.8. ÜÝTGEÝÄN ELEKTRIK TOGUNY ÖWRETMEGIŇ USULÝÝETI

### 2.8.1. Üýtgeýän elektrik toguň alnyşy

Üýtgeýän elektrik togy onuň generatorlarynda mehaniki energiýany elektrik energiýa öwürmek bilen alynýar. Munuň ýaly generatoryň maketi 2.8.1-nji suratda görkezilen. Bu suratda  $\Delta S = a \cdot b$  meýdanly geçiriji ramka  $\mathbf{B}$  induksiýaly birhilli magnit meýdanynda  $\omega$  burç tizligi bilen öz okunyň daşynda aýlandyrylýar. Bu suratda konturyň  $\Delta S$  üstüne geçirilen  $\mathbf{n}$  normal bilen  $\mathbf{B}$  wektoryň arasyndaky burç nola deň ( $\varphi=0$ ) haly şekillendirilen. Bu ramka  $\omega$  burç tizligi bilen öz okunyň daşynda aýlanýandygy üçin  $\Delta t$  wagtdan soňra agzalan burç noldan ulalar. Aýlanýan geçiriji ramkadaky erkin elektronlar hem onuň tizligi bilen hereket ederler. Mälim bolşy ýaly, magnit meýdanynda hereket edýän elektronlara Lorensiň güýji täsir edýär. Şonuň üçin hem, geçirijiniň içinde elektrik togy döreýär. Bu elektronlaryň tertipli hereketiniň ugry çep eliň düzgüni bilen kesgitlenilýär. Bu halda geçirijiniň uçlarynda Faradeýiň elektromagnit induksiýa hadysasy esasynda EHG döreýär:

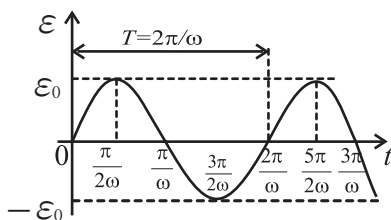


2.8.1-nji surat. Üýtgeýän  
toguň alnyşy

$$\varepsilon_i = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d(B_n S)}{dt} = -\frac{Sd(B \cos \omega t)}{dt} = BS\omega \cdot \sin \omega t, \quad (2.8.1)$$

bu ýerde  $BS\omega = \varepsilon_0$  EHG-niň amplituda (iň uly) bahasy. Ony göz öňünde tutup, 2.8.1-nji aňlatmany we bu konturda döreýän üýtgeýän toguň güýjüni:

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon &= \varepsilon_0 \sin \omega t \\ I &= I_0 \sin \omega t \end{aligned} \right\} \quad (2.8.2)$$



2.8.2-nji çyzgy. Ramkada döreyän EHG-niň wagta baglylygy

görnüşinde ýazyp bolar. Bu ýerde  $\varepsilon_0$  we  $I_0$  deňişlilikde, EHG-niň we tok güýjüniň amplituda bahalary,  $\omega$  – aýlaw ýygylýgy, ýa-da  $\omega t$  – yrgyldynyň fazasy ( $\omega t = \varphi$ ). *Elektrik yrgyldylarynyň fazasy yrgyldynyň periodynyň üleşlerinde hasaplanyp, ol islendik pursatda elektrik signalyň periodyň haýsy üleşini geçendigini aňladýar.* Munuň ýaly toguň we EHG-niň ululygynyň wagt birliginde hemişelik dälidigi üçin, olara üýtgeýän elektrik togy we EHG-si diýilýär. Diýmek, agzalan ramkada döreyän EHG wagta  $\varepsilon = f(t)$  bagly garmoniki kanuna laýyklykda üýtgeýär (2.8.2-nji surat). Öndürilýän EHG-niň ululygyny artdyrmak üçin geçiriji konturyň sarymlarynyň sanyny köpeltmeli.

### 2.8.2. Üýtgeýän toguň zynjyrynda işjeň, induktiw we sygym garşylyklary

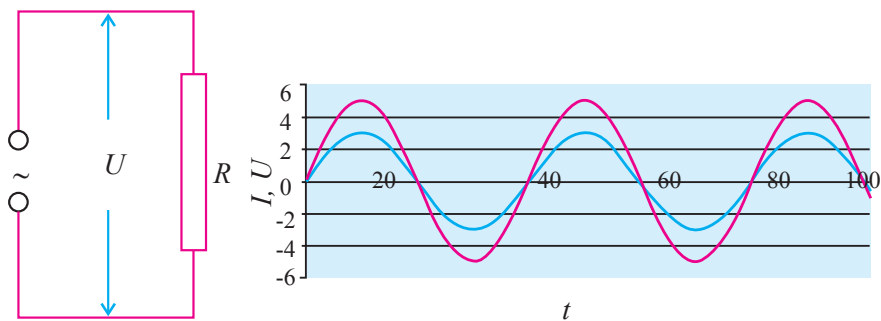
**Üýtgeýän elektrik toguň zynjyrynda işjeň (aktiw) garşylyk.** Induktivligi we sygymy örän az bolan  $R$  işjeň garşylykly elektrik zynjyry üýtgeýän toguň çeşmesine birikdirilen bolsun (2.8.3-nji surat).

2.8.1-nji aňlatma laýyk gelýän toguň güýjüniň täsir edýän zynjyrynyň bölegi üçin Omuň kanuny esasynda bu zynjyrdaky  $R$  işjeň garşylygyň uçlaryndaky naprýaženiýe  $U = \varepsilon$  bolany üçin:

$$U = U_0 \sin \omega t, \quad (2.8.2)$$

ýazyp bolar. *Bu halda  $R$  garşylygyň uçlaryndaky naprýaženiýe bilen onuň üstünden geçýän toguň güýjüniň yrgyldylarynyň faza tapawudy nola deň.*

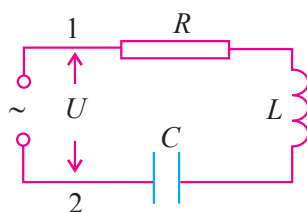
Soňra üýtgeýän toguň zynjyryna aýry-aýrylykda induktiw tegek, kondensator birikdirilip, tok güýji bilen naprýaženiýäniň arasyndaky faza süýşmesi öwrenilýär.



2.8.3-nji surat. Üýtgeýän toguň zynjyrynda işjeň garşylyk birikdirilende naprýaženiýäniň we toguň güýjüniň wagta bagly üýtgemegi

Soňra işjeň garşylyk, induktiw tek we kondensator üýtgeýän toguň zynjyryna yzygider birikdirilip (2.8.4-nji surat), olaryň her biri aýratyn birikdirilendäki gurlan wektor diagramalaryndan 2.8.5-nji suratda görkezilen diagramma gurulýar. Bu halda zynjyrdaky toguň güýji:

$$I = I_0 \sin \omega t,$$



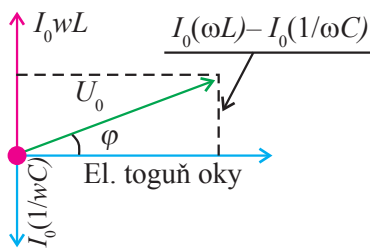
2.8.4-nji surat. Üýtgeýän toguň zynjyrynda yzygider birikdirilen işjeň garşylyk, induktiwlik we kondensator

kanun boýunça üýtgeýändigini ýatlanylýar.

Naprýaženiýe bolsa sinuslar kanuny boýunça üýtgäp, ol  $R$ -iň,  $L$ -iň we  $C$ -niň uçlaryndaky üç naprýaženiýäniň jemine deňdir.

Bu üç garmoniki yrgyldyny goşmak üçin, olary aýry-aýrylykda seredilip geçilen naprýaženiýeleriň wektor diagrammasyndan peýdalanylýar. Ýagny olary seredilen hal üçin, 2.8.5-nji suratdaky ýaly edip, gurulýar. Bu çyzgydaky üçburçlukdan Pifagoryň teoremasyny peýdalanyň,

$$U_0 = I_0 \sqrt{R^2 + \left( \omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2}, \quad (2.8.3)$$



2.8.5-nji surat. Üýtgeýän toguň zynjyrynda işjeň, induktiw we sygym garşylyklar yzygider birikdirilende faza diagramması

tapylýar. Bu deňlikdäki kökün içindäki aňlatma üýtgeýän toguň zynjyryndaky doly garşylyk diýip atlandyrylýar we ol  $Z$  bilen bellenilýär.

$$Z = \{R^2 + [\omega L - 1/(\omega C)]^2\}^{1/2}. \quad (2.8.4)$$

Onda üýtgeýän elektrik togy üçin Omuň kanunyna laýyklykda  $Z = U_0 / I_0$  görnüşinde ýazyp bolar. 2.8.5-nji suratdan görnüşi ýaly, faza süýşme burçuny

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{I_0 \left( \omega L - \frac{1}{\omega C} \right)}{I_0 R} = \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R}, \quad (2.8.5)$$

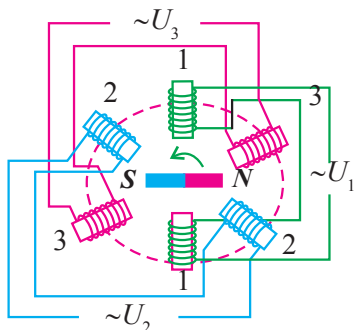
we şonuň ýaly hem üýtgeýän toguň kuwwat koeffisiýentini

$$\cos \varphi = \frac{R}{Z}, \quad (2.8.6)$$

tapyp bolýandygyny okuwçylara düşündirmeli.

### 2.8.3. Üç fazaly toguň generatory

Ýaşayyş jaýlarynda ýagtylandyryş, sowadyjylar, radiolar, telewizorlar, eşik ýuwyýan enjamlar we şuna meňzeş hojalykda ulanylýan gurluşlary iýmitlendirmek üçin



2.8.6-njy surat. Üç fazaly elektrik togunyň generatorlaryň shemasy

peýdalanylýan elektrik toguna bir fazaly üýtgeýän elektrik togy diýilýär. Şunuň ýaly üç sany biri beýlekisinden fazalary boýunça periodyň üçden biri ýaly, ýagny  $2\pi/3 = 120^\circ$  burça süýşürilen bir fazaly elektrik toguna üç fazaly tok diýilýär.

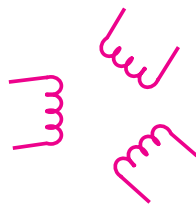
Biri beýlekisinden  $120^\circ$  burç bilen ýerleşdirilen üç fazaly elektrik togunyň generatorlarynyň (öndürjileriň) sarymlarynyň dakylşy 2.8.6-njy suratda şekillendirilen. Hemişelik magnitiň

aýlanmagyndan döredilýän aýlanýan magnit meýdany elektrik sarymlarynda birmeňzeş ýöne fazalary boýunça biri-birinden süýşürilen



naprýaženiýeleri döredýär. Generatorlaryň sarymlaryny çyzgylarda 2.8.7-nji suratdaky ýaly şekillendirilýär.

$$\left. \begin{aligned} U_1 &= U_0 \sin \omega t; \\ U_2 &= U_0 \sin(\omega t + 2\pi/3); \\ U_3 &= U_0 \sin(\omega t - 2\pi/3). \end{aligned} \right\} \quad (2.8.7)$$



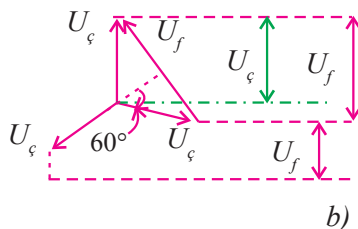
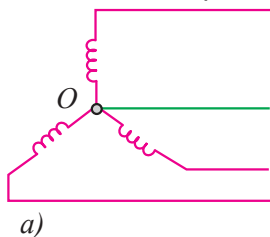
2.8.7-nji surat. Üç fazaly generatornyň sarymlary

## 2.8.4. Üç fazaly elektrik generatorlarynyň sarymlarynyň birikdirilişi

Eger üç fazaly elektrik generatorlarynyň sarymlarynyň her birini özara baglanyşyksyzlykda ulanylsa, onda ol özünde hiç hili täze bölek saklamayan özbaşdak üç sany bir fazaly elektrik generatora öwürülýär. Munuň ýaly elektrik generatorlardan elektrik energiýany ulanyjlara geçirmek üçin üç jübüt sim zerurdyr. Üç fazaly elektrik togunyň generatorynyň sarymlaryny ýyldyz (2.8.8-nji a surat) we üçburçluk (2.8.9-njy a surat) boýunça birikdirmeklik geçiriji simleri tygşytlamaga mümkinçilik berýändigini okuwçylara düşündirmeli.

Ýyldyz boýunça birikdirilişde «O» nokat umumy potensiala eýe-dir. Her bir sarymyň uçlaryndaky naprýaženiýä faza naprýaženiýesi diýilýär (2.8.8-nji b surat).

Umumy potensially nokada birikdirilen sime nolunjy, sarymlaryň boş uçlaryna birikdirilen simlere bolsa, faza simleri diýilýär. Diýmek, faza naprýaženiýeleri nolunjy we faza simleriniň arasyndaky naprýaženiýedir. Iki faza simleriniň arasyndaky naprýaženiýe bolsa, äkidijidäki çyzyk  $U_\phi$  naprýaženiýesi diýilýär.

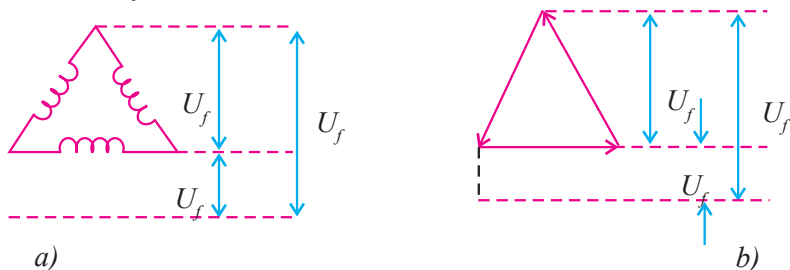


2.8.8-nji surat. Üç fazaly generatorlaryň sarymlarynyň ýyldyz görnüşli birikdirilişi

Wektor diagrammadan (2.8.8-nji b surat) görnüşi ýaly, çyzyk ( $U_{0\zeta}$ ) we faza ( $U_{0f}$ ) naprýaženiýeleriniň amplitud ululyklarynyň arasynda aşakdaky ýaly baglanyşyk bar:

$$U_{0f} = 2U_{0\zeta} \sin 60 = U_{0\zeta} \sqrt{3}. \quad (2.8.8)$$

Ýagny faza naprýaženiýesiniň amplitud bahasy çyzyk naprýaženiýesiniň amplitud bahasyndan 1,73 esse köpdür. Eger  $U_{0\zeta} = 127 \text{ W}$  bolsa, onda  $U_{0f} = 220 \text{ W}$  bolar.



2.8.9-njy surat. Üç fazaly generatoryň sarymlarynyň üçburçly birikdirilişi

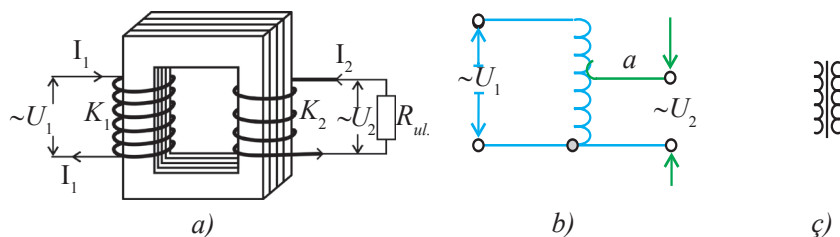
Elektrik toguň güýji barada aýdylanda, elektrik generatorynyň sarymlary boýunça geçýän tok güýji  $i_f$  faza, geçiriji simlerdäki tok güýjüne bolsa, çyzyk (simdäki)  $i_\zeta$  tok güýji diýilýär. Ýylgyz boýunça birikdirilende  $i_f = i_\zeta$ . Eger sarymlaryň her biriniň ujuna ululyklary birmeňzeş bolan  $R$  garşylyk birikdirilse, nolunjy sim boýunça geçýän tok güýjüniň jemi nola deň bolar:

$$i_1 + i_2 + i_3 = (U_1 + U_2 + U_3) / R = 0. \quad (2.8.9)$$

## 2.8.5. Transformatorlar

**Transformator** – üýtgeýän elektrik togunyň kuwwatyny takmyn, üýtgetmän onuň naprýaženiýesini ulaltmaga (kiçeltmäge) niýetlenen gurluşdyr.

Bu ýerde elektrik togunyň kuwwatynyň  $P = IU$  aňlatmasyny göz önünde tutup, kuwwatyň hemişelik bolmagy üçin naprýaženiýe näçe esse üýtgeýän bolsa, oňa ters baglanyşykda tok güýjüniň hem üýtgeýändigini unutmaly dälendigini okuwçylara ýatlatmaly.



2.8.10-njy surat. Elektrik transformatorlary

Transformatorlar öz-özünde induksiýa hadysasynyň esasynda ýasalyp, radioelektronikada we energiýalary uzak aralyga geçirmek-de giňden ulanylýar.

Onuň iň ýönekeý görnüşi ýuka, biri-birinden elektrik taýdan go-rawly metal ramkanyň (çarçuwanyň) daşyna dürli ýogynlykly we sarym sanly tegekden ybaratdyr (2.8.10-njy a surat). Transformatoryň çyzgylarda bellenilişi 2.8.10-njy ç suratda görkezilen.

Eger munuň ýaly saralan transformatorlaryň birinji sarymy üýt-geýän elektrik togunyň çeşmesine dakylsa, olarda öz-özünde induk-siýanyň EHG-si dörär. Ýagny:

$$\varepsilon_1 = -K_1 \frac{d\Phi}{dt}; \quad \varepsilon_2 = -K_2 \frac{d\Phi}{dt}, \quad (2.8.10)$$

bu ýerde  $K_1$ ,  $K_2$  – deňişlilikde, transformatorlaryň birinji we ikin-ji sarymlarynyň sanlary;  $d\Phi/dt$  – olaryň içinden geçýän magnit akymynyň üýtgeýiş tizligi.

Kirhgofyň II düzgüni boýunça transformatorlaryň girişindäki we çykyşyndaky naprýaženiýäni:

$$U_1 = I_1 R_1 + K_1 \frac{d\Phi}{dt}, \quad (2.8.11)$$

$$U_2 = I_2 R_2 + K_2 \frac{d\Phi}{dt},$$

ýazyp bolar. Bu ýerde  $R_1$  we  $R_2$  – deňişlilikde, transformatoryň birinji we ikinji tegekleriniň garşylyklary,  $I_1$  we  $I_2$  – deňişli tegeklerden geç-ýän tok güýçleri.

Transformatoryň ikinji tegegi ulanyjylara birikdirilmedik ýag-daýynda  $I_2 = 0$ . Bu halda transformator **boş işleýär** diýilýär. Adatça,

transformatorlar ýasalanda  $I_1 R_1 \ll \varepsilon_1$  şert berjaý bolar ýaly edilip ýasalýar, ýagny olaryň işjeň garşylyklary kiçi, emma induktiwlikleri bolsa uly bolar ýaly taýýarlanylýar. Bu  $U_1 = \varepsilon_1$ ;  $U_2 = \varepsilon_2$  şertleri hasaba alyp, 2.8.11-nji aňlatmadan

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{K_2}{K_1}, \quad (2.8.12)$$

gatnaşygy alyp bolar. Bu ýerde  $S = K_2/K_1$  gatnaşyga transformirleýji koeffisiýent diýilýär. Eger  $S > 1$  bolsa, onda transformator güýçlendiriji,  $S < 1$  bolanda bolsa, peseldiji diýilýär.

Transformatoryň peýdaly täsir koeffisiýenti (PTK), takmyn, 0,99%-digini göz önünde tutup, onuň birinji we ikinji sarymlarynyň kuwwatyny özara deň hasaplap,

$$I_1 U_1 = I_2 U_2,$$

görnüşinde ýazyp bolar. Bu ýerden bolsa,

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{I_1}{I_2}, \quad (2.8.13)$$

gatnaşygy alarys.

Transformatoryň metal ramkasynyň içinde köwlenme toklary emele gelmez ýaly, olar örän ýuka we biri-birinden elektrik gorawda bolar ýaly ýüzüne reňk, lak çalnan birnäçe tekizçelerden (plastinalardan) ýasalýar. Adatça, peseldiji we ulaldyjy transformatorlar dürli niýetler üçin peýdalanylýar. Meselem, kebşirleýiş işlerinde kiçi naprýaženiýede we uly tok güýjünde işlemek zerur bolan ýagdaýynda, transformatoryň ikinji tegegi ýogyn simden we az sarymly edilip taýýarlanylýar.

**Awtoelektrik transformatorlar.** *Awtoelektrik transformatorlar bir magnit geçiriji steržene dakylan umumy bölegi bolan iki ýa-da köp sarymdan ybarat gurluşdyr (2.8.10-njy b surat).* Eger awtoelektrik transformatoryň umumy galtaşma nokady süýşmäge ukyply bolsa, onuň çykyşyndaky  $U_2$  naprýaženiýäni endigan üýtgetmek mümkinçiligi döreýär. Okuw tejribehanalarynda ulanylýan munuň ýaly awtoelektrik transformatoryň mysaly hökmünde LATR-lary agzap bolar.

Adatça, elektrik energiýasyny ulanyjy kärhanalar elektrik stansiýasyndan birnäçe yüzlerçe kilometr uzaklykda ýerleşýärler. Elek-

trik energiýasyny öndürijiler (generatorlar), köplenç, 10–20 *kW* naprýaženiýeli elektrik energiýany öndürýärler. Uly elektrik energiýany uzak aralykda ýerleşen kärhanalara kiçi naprýaženiýede we tok güýjüniň uly bahalarynda geçirmek amatsyzdyr. Bu barada okuwçylara elektrik energiýanyň ýitýän mukdarynyň

$$\Delta W_y = \Delta Q = I^2 R \Delta t, \quad (2.8.14)$$

Joulyň Lensiň ýylylygy hökmünde geçirijiden bölünip çykýandygyny düşündirmeli. Şol wagtda hem üýtgeýän toguň ulanyja berilýän kuwwatynyň

$$P_{ul} = IU \cos \varphi, \quad (2.8.15)$$

deňdigini ýatladyp, bu ýerden *I* tok güýjüniň ( $I = P_{ul} / U \cos \varphi$ ) ululygyny (2.8.14) aňlatmada goýup,

$$\Delta W = \frac{P_{ul}^2}{U^2 \cos^2 \varphi} R \Delta t, \quad (2.8.16)$$

energiýa ýitgisiniň geçiriji liniýadaky naprýaženiýäniň kwadratyna ters baglanyşkdadygyny şonuň üçin hem uzak aralyga geçirilýän elektrik energiýanyň mümkin boldugyça ýokary naprýaženiýede (kiçi tok güýjünde) geçirilýändigini okuwçylaryň aňyna doly siňdirmeli.

Transformatorlar elektrik energiýasyny öndüriji generatorlardan çykýan naprýaženiýeleri 35, 110, 220, 330, 500, 700 *kW* ululyklara çenli ýokarlandyrýarlar. Türkmenistanda iň ýokary ulanylýan naprýaženiýe 500 *kW*-dyr. Munuň ýaly ululykdaky naprýaženiýäni Seýdi şäherinde «Serdar 500» transformatory gurlandan soň almak mümkinçiligi döredi. Bu elektrik desgasy Türkmenistanyň energiýa ulgamyny has kämilleşdirdi we goňşy döwletlere elektrik energiýany geçirmekligiň mümkinçiligini artdyrdy.

## **2.8.6. Türkmenistanda elektrik energiýanyň öndürilişi we uzak aralyga geçirilişi**

Garassyz, hemişelik Bitarap Türkmenistan döwletimiz ägirt uly ýangyç resurslary bolan nebit we gaz känlerini özünde jemleýän döwletdir. Türkmenistanyň nebit káni ýurduň günbatar etraplarynda, gaz káni Merkezi we Murgap–Tejen etraplarynda jemlenendir.

Türkmenistanda öndürilýän elektrik energiýasynyň ortaça onuň ilatynyň jan başyna düşýän mukdary, dünýäde ýaşaýan her bir adamyň jan başyna öndürilýän elektrik energiýanyň ortaça mukdaryndan ýokarydyr.

Energetika ministrligi halk hojalygynyň elektrik we ýylylyk energiýa üpjünçiligine bolan üznüksiz ösýän talabyny üpjün edýär, geljekki ýyllarda elektrik we ýylylyk energiýa bolan talabyň ösüş meýilnamasyny işläp düzýär, goňşy döwletleriň energotehniki ulgamlary bilen baglanyşygy döredýär.

Energetika ministrliginiň düzümine umumy kuwwatlylygy 2528 *MWt*. sag. bolan Mary, Türkmenbaşy, Abadan, Seýdi, Balkanabat-5 sany uly ýylylyk elektrostansiýa we bir Gindiguş GES-i girýär. Şonuň ýaly hem bu kärhananyň 500 *kW* iki sany elektrik geçiriji simleri (EGS) özünde jemleýär. Olar uzynlygy 370 *km* bolan Mary GRES-Garaköl, uzynlygy 379 *km* bolan Seýdi-Daşoguz, şonuň ýaly hem umumy uzynlygy 2000 *km*-den hem köp bolan 220 *kW*, umumy uzynlygy 7600 *km* bolan 110 *kW* EGS-lerden ybarat. 35 *kW* we uly naprýaženiýede işleýän, takmyn, 400 sany podstansiýa bar.

Bu elektrostansiýalaryň (Gindiguş GES-den özgesiniň) esasy ýangyjy bolup, tebigy gaz hyzmat edýär.

Türkmenistanda elektrik generator stansiýalarynyň açylyş taryhyna ser salynsa, 1913-nji ýylda işe girizilen, proýekt kuwwatlylygy 1200 *kWt* bolan Gindiguş GES-ini ýatlamaly bolar. Soňra 1945-nji ýylda Türkmenbaşyda ÝES-i, 1958-nji ýylda bolsa Türkmenabat ÝES-i we Abadan GRES-i, 1964-nji ýylda Balkanabat ÝES-i, 1973-nji ýylda bolsa, Mary GRES-i işe girizilýär. Bulardan başga-da, Aşgabatda, Maryda, Tejende, Atamyratda we beýleki ýerlerde 1980-nji ýyla çenli elektrik energiýasyny öndürmäge gatnaşan energootlular ulanylan. Häzirki wagtda Türkmenistanda iň kuwwatly elektrik stansiýa bolan Mary GRES-i ýurdumyzda öndürilýän elektrik energiýanyň, takmyn, 80%-ini öndürýär. 1973-nji ýylda bu elektrostansiýanyň 210 *MWt* kuwwatlylykly energetik bloklarynyň ikisi işe girizilýär. 1975–1981-nji ýyllar arasynda her biri 210 *MWt* kuwwatlylykly 4 sany blok işe başlaýar. Soňra, 1987-nji ýylda 210 *MWt* kuwwatlylykly 7-nji, 1997-nji ýylda bolsa, 215 *MWt* kuwwatlylykly 8-nji blok işe girizilýär.

Türkmenbaşy ÝES-niň umumy kuwwatlylygy 590 *MWt* · sag. bolup, ol elektrostansiýa kuwwatlylygy sagatda 1150 tonna deňiz suwuny duzsuzlandyran iki sany suw generator blok bilen işleýär.

Abadan GRES-iniň taslama kuwwaty jemi 125 *MWt* · sag bolan üç sany bloktan ybaratdyr. Türkmenistanyň garaşsyzlyk ýyllary içinde Abadan GRES-niň durky täzelendi. 1996–1997-nji ýyllarda «Jeneral Elektrik» Amerikan firmasy bilen baglaşylan şertnama boýunça kuwwatlylygy 123 *MWt* bolan dünýä talabyna laýyk gelýän gaz turbinasy işe girizildi. Şeýlelikde, 2001-nji ýylda Abadan GRES-iniň umumy kuwwatlylygy 248 *MWt* · sag-a ýetirildi. Munuň ýaly gaz turbinasynyň ikinjisi Abadan GRES-inde Türkmenistanyň Garaşsyzlygynyň 12 ýyllygyna «Çalyk Enreji Sanaýy we Tijaret A.Ş.» türk kompaniýasy işe girizildi. 2003-nji ýylda Abadan GRES-niň kuwwatlylygy 371 *MWt*-a çenli ýetirildi.

Balkanabat GRES-i taslama kuwwatlylygy 48 *MWt* · sag elektrik energiýasyny öndürýän dört sany gäzturbina, nebitiň düzümin-den alynýan gaz bilen işleýär. Häzirki döwürde bu GRES-iň kuwwatlylygy 260 *MWt*-a çenli artdyryldy. 1992-nji ýylda Seýdi ÝES-inde kuwwatlylygy 80 *MWt* · sag bolan ikinji energoblok işe girizildi. Netijede, Seýdi ÝES-niň kuwwaty 240 *MWt*-a ýetirildi. 2001-nji ýylyň sentýabr aýynda Seýdide işe girizilen «Serdar 500» atly transformatoryň işe girizilmegi Türkmenistanyň energiýa ulgamyny Merkezi Aziýanyň Birleşen energiýa ulgamy bilen baglanyşdyrdy. Türkmenistanda elektrik energiýasyny uzak aralyga geçirmek we paýlamak işlerini Energetika ministrliginiň düzümine girýän baş sany (her welaýatda bir) önümçilik birleşigi amala aşyrýar. Häzirki wagtda Türkmenistan özünden elektrik energiýany Täjigistana (talaba görä üýtgeýän mukdarda) we Owganystan döwleti bilen baglaşylan şertnama laýyklykda eýýäm 2002-nji ýylyň Mart aýynda uzynlygy 76 *km* bolan 110-EGS Mary GRES-inden Owganystanyň Atguýy-Şybyrgan şäherlerine ýetirildi.

## 2.9. ELEKTROMAGNIT TOLKUNLARYNY ÖWRETMEGIŇ USULÝÝETI

### 2.9.1. Elektromagnit tolkunlarynyň derňewi

**Elektromagnit tolkunlary** Türkmenistanyň umumybilim berýän orta mekdepleriniň okuw maksatnamalaryna laýyklykda ilkinji gezek okuwyň I basgançagynda «*Ýagtylyk hadysalary*» geçilýär. Bu bölümde: «Ýagtylyk çeşmeleri. Ýagtylygyň gönüçyzykly ýaýraýyşy. Gün we Aý tutulmasynyň düşündirilişi. Ýagtylygyň tizligi. Ýagtylygyň güýji. Ýagtylandyryş. Gündiziň we gijäniň, ýyl pasyllarynyň çalyşmasy.

Ýagtylygyň serpikmegi. Ýagtylygyň serpikme kanunlary. Te-kiz aýna we onda şekil gurmak. Sferik aýna we onda şekil gurmak. Ýagtylygyň döwürmegi. Ýagtylygyň döwürme kanunlary. Linzalar. Linzalaryň fokus aralygy. Linzalarda şekil gurmak. Linzanyň formu-lasy. Linzanyň optiki güýji. Göz Äýnek.» temalar öwrenilýär.

Soňra «Elektromagnit tolkunlary» okuwyň II basgançakda «Ra-diotolkunlary» bölümde «Elektromagnit meýdany. Elektromagnit tolkunlary. Elektromagnit tolkunlarynyň häsiýetleri. Elektromagnit tolkunlarynyň energiýasy. Şöhlelenme akymynyň dykzylygy. Radio-tolkunlar. A.S.Popow tarapyndan radionyň oýlanyp tapylmagy. Ra-diotelefon aragatnaşygynyň esasy düzgünleri. Modulirleme we de-tekirtleme. Sadaja radiokabulediji. Radiolokasiýa. Telegörüş barada düşünje. Türkmenistanda aragatnaşyk serişdeleriniň ösdürilişi» tema-lar bilen dowam etdirilýär.

Soňra okuwyň II basgançagynda *tolkun optikasy* «Ýagtylyk tol-kunlary» bölümde geçilýär.

Bu bölümde: «Ýagtylyk tolkunlary we onuň ýaýraýyş tizli-gi. Ýagtylygyň serpikme kanunlary. Ýagtylygyň döwürme kanuny. Gýuýgensiniň düzgüni. Ýagtylygyň doly serpikmesi. Ýagtylygy geçiri-jiler. Aýnalar, linzalar we olary Günün energiýasyny peýdalanmakda ulanmagyň mümkinçilikleri.

Tolkun optikasy. Kogerentlik. Ýagtylygyň interferensiýasy we onuň ulanylyşy. Ýagtylygyň difraksiýasy we onuň ulanylyşy. Difrak-sion gözenek. Ýagtylygyň dispersiýasy. Ýagtylygyň polýarlanmasy.



Dürli aralyklardaky tolkun uzynlykly elektromagnit şöhlelenmeleri, olaryň häsiýetleri we ulanyşlary» temalar öwrenilýär.

Türkmenistanyň orta mekdeplerinde okuw materiallarynyň iki basgançakly ulgam boýunça paýlanylýandygyny göz önünde tutup, «Ýagtylygyň serpinkme we döwürleme kanunlaryny» okuwyň basgançagynda bolsa, ýüzleýräk diňe kanunlaryny aýtmak bilen çäklenilýär. Ikinji basgançakda bolsa, «Ýagtylygyň serpinkme we döwürleme kanunlaryny» gaýtadan getirip cykarmak bilen çuňlaşdyrylýar.

### 2.9.2. Ýagtylyk tolkunlary temalaryň öwrediliş usuly

Başda okuwçylara ýagtylyk tolkunlarynyň esasy meseleleri bolan:

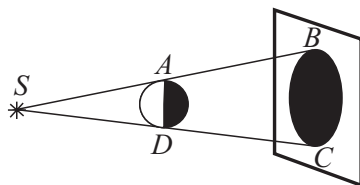
1. Ýagtylygyň gönüçyzykly ýaýramak kanuny;
2. Ýagtylygyň serpinkme kanuny;
3. Ýagtylygyň döwürleme kanuny;
4. Ýagtylyk şöhleleriniň, desseleriniň özara baglanyşyksyzlyk kanuny temalaryny düşündirmeli.

Dürli ýagtylyk çeşmelerinden gelýän ýagtylyk desseleri özara kesişip, bir-birini hiç hili özgertmän ýaýramagyny dowam etdirýärler. Bu ýagtylyk şöhleleriniň desseleriniň özara baglanyşyksyzlyk kanunydyr.

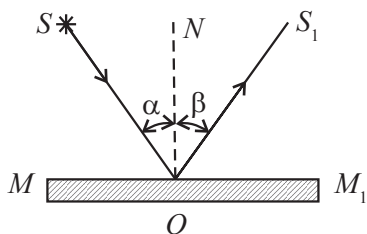
#### Ýagtylygyň gönüçyzykly ýaýramak kanuny

Jisimleriň kölegeleriniň döremegi ýagtylygyň gönüçyzykly ýaýramagyň netijesidir (2.9.1-nji surat).

**Ýagtylygyň serpinkme kanuny.** Ýagtylyk şöhlesi iki sredanyň araçäginde özüniň düşme nokadyna inderilen  $NO$  perpendikulýar bilen bir tekizlikde düşme burçuna deň bolan burç bilen yzyna serpigýär



2.9.1-nji surat. Ýagtylygyň gönüçyzykly ýaýramagyndan döreýän kölege



2.9.2-nji surat.

Ýagtylygyň serpikmesi

(2.9.2-nji surat). Bu ýerde ýagtylyk şöhlesiniň diňe dürli dykzlykly iki sredanyň araçağinden yzyna serpig-ýändigini okuwçylara nygtap aýtmaly. Okuwçylara düşme we serpikme burçlaryny düşündirmeli. *Düşme burçy diýip*, düşýän  $SO$  ýagtylyk şöhlesi bilen iki sredanyň serhedindäki düşme  $O$  nokadyna inderilen  $NO$

perpendikulýaryň emele getirýän  $\alpha$  burçuna aýdylýar (2.9.2-nji surat).

**Serpikme burçy diýip**, iki sredanyň serhedindäki düşme  $O$  nokadyna inderilen  $NO$  perpendikulýar bilen bu nokatdan serpiggen  $OS_1$  şöhläniň emele getirýän  $\beta$  burçuna aýdylýar (2.9.2-nji surat).

Soňra ýagtylygyň serpikme kanunlaryna geçmeli. Serpikme iki kanundan ybaratdyr:

*Serpigýän şöhle, düşýän şöhle we serpikme (düşme) nokadyna inderilen perpendikulýar bilen bir tekizlikde ýatýar. Serpikme burçy düşme burçuna deňdir.*

Ýagtylygyň serpikme kanunyny getirip çykarmak üçin 2.9.3-nji suratdan peýdalanalyň. Bu suratda iki sany  $A_1A$  we  $B_1B$  şöhleleriň wakuumda ýaýrap, aýna ýa-da üsti ýylmançak metal plastinanyň üstüne düşüp,  $AA_2$  we  $BB_2$  şöhleler hökmünde serpilýär hasaplalyň. Ikinji  $B_1B$  şöhle  $B$  nokada düşýänçä birinji şöhle  $A$  nokatdan serpigip,  $D$  nokada ýetýär.

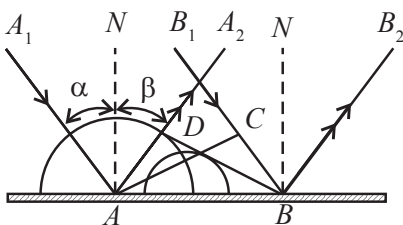
Şunlukda, birinji şöhle  $AD$  aralygy serpigip geçýär. Bu ýerde  $A_1A$  we  $B_1B$  şöhleler ýagtylyk akymynyň çetki çäkleridigini olaryň arasynyň ýagtylyk dessesidigini okuwçylara düşündirmeli. Merkezi  $A$  nokatda bolan ýarym töwerek (ýaý) serpiggen ýagtylyk şöhlesiniň nobatdaky elementar çeşmesi hökmünde garalýandygyny okuwçylara düşündirmeli.  $AB$  nokatlaryň arasynda ýagtylyk şöhleleriniň munuň ýaly elementar çeşmeleri köp sanlydyr. Bu suratda olaryň diňe iki sanysy görkezilen. Diýmek,  $DB$  çyzyk serpiggen şöhläniň frontydyr (öň başçysydyr -iň öňdäki çägidir). Suratdaky  $CB$  aralyk birinji şöhläniň serpikme pursadynda ikinji  $B_1B$  şöhläniň iki sredanyň araçağine çenli geçmeli uzaklygydyr. Diýmek,  $CA$  düşýän şöhläniň

bir çeti iki sredanyň araçäğine ( $A$  nokada) ýetendäki frontudyr.

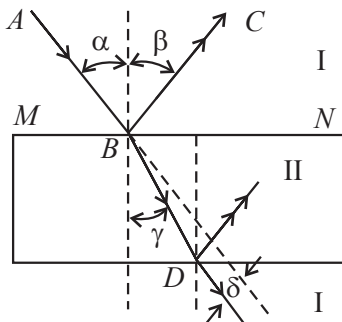
Indi okuwçylaryň ünsüni 2.9.3-nji surata çekmeli. Çyzgy boýunça  $\triangle ADB = \triangle ACB$  üçburçluklaryň gönüburçlydyklaryny we olaryň  $|AD| = |CB|$  taraplarynyň özara deňdigini düşündirmeli. Şonuň ýaly hem,  $|AB|$  tarap umumydyr. Bu çyzgydaky  $\angle DBA = \angle CAB$ . Ýa-da  $\angle DBA = \beta$ ;  $\angle CAB = \alpha$ . Bu ýerden bolsa  $\angle \alpha = \angle \beta$ . Ýagny ýagtylyk şöhlesiniň serpikme burçy onuň düşme burçuna deňdigi gelip çykýar.

**Ýagtylygyň döwülme kanuny.** Ýagtylyk şöhlesi dürli dykzlykly optiki dury sredanyň araçäğinden yzyna serpikmegi bilen bir wagtda ikinji sredanyň içine girip, özüniň öňki ýaýraýyş ugrundan döwülýändigini we tizligini üýtgedip ýaýraýandygyny nygtamaly (2.9.4-nji surat). Bu çyzgyda  $BD$  döwlen ýagtylyk şöhlesi. Eger ýagtylyk şöhlesi optiki taýdan dykzlygy kiçi I sredadan dykzlygy uly II sreda ( $\rho_1 < \rho_2$ ) geçýän bolsa, döwlen ýagtylyk şöhlesi düşme nokadyna inderilen perpendikulýara tarap süýşýär. Tersine, dykz sredadan kiçi dykzlykly sreda geçende bolsa, ol agzalan perpendikulýardan daşlaşýar. Netijede, ýagtylyk şöhlesi optiki dury plastina şekilli sredadan geçende ol özüniň başdaky ýaýraýyş ugrundan  $\delta$  aralyga süýşüp, oňa parallel ugurda ýaýraýar.

Bu ýerde okuwçylara optiki dury sreda bolan dury aýnanyň aňyrsyndaky maddalaryň özlerinden serpikdiren şöhleleriniň hakyky ýerleşen ýerlerinden gapdalda görünýändigini düşündirmeli. Beýle diýildiği aýnanyň aňyrsyndaky jisimleri optiki nyşana alyş tüpeňi bilen dogry nyşanlap atmagyň kyndygyny aňladýar. Aýna stakanyň



2.9.3-nji surat. Özara parallel iki ýagtylyk şöhleleriniň serpikmesi



2.9.4-nji çyzgy. Ýagtylyk şöhleleriniň serpikmesi we döwülmesi

içindäki suwa galam batyrylyp, gapdalyndan seredilende galamyň suwa batýan ýeriniň döwlen ýaly bolup görünmegi hem ýokarda agzalan sebäbe görä bolýar.

Ýagtylygyň döwürme kanuny iki çemeleşmeden ybaratdyr:

***Döwlen şöhle hem düşme, serpigen şöhleler we düşme nokadyna geçirilen perpendikulýar bilen bir tekizlikde ýatýar.***

***Düşme burçunyň sinusynyň döwürme burçunyň sinusyna bolan gatnaşygy ikinji sredanyň birinji sreda otnositel (görä) döwürme görkezijisine deňdir:***

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = \frac{n_{02}}{n_{01}} = n_{21} = \text{hemişelik.} \quad (2.9.1)$$

Bu ýerde  $n_{01}$ ,  $n_{02}$  – degişlilikde, birinji we ikinji sredanyň absolýut döwürme görkezijisi,  $n_{21}$  – ikinji sredanyň birinji sreda otnositel döwürme görkezijisi. Bu kanun berlen sredalar üçin hemişelik ululykdyr.

Aslynda islendik sredanyň absolýut  $n_{0i}$  döwürme görkeziji ýagtylygyň bu sredadaky  $v_1$  ýaýraýyş tizliginiň onuň wakuumdaky  $c$  tizliginden näçe esse kiçidigini görkezýän ululykdyr:

$$n_{0i} = \frac{c}{v_i}. \quad (2.9.2)$$

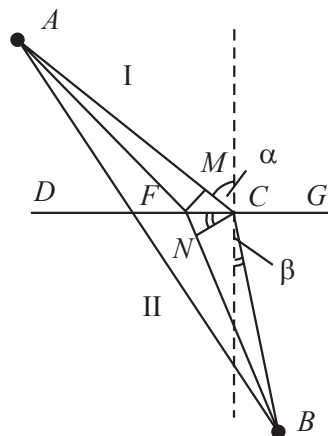
Bu kanunyň getirip çykarylyşyny okuwçylara öwretmek üçin başda fransuz fizigi **Ferminiň** ýagtylyk şöhlesiniň ýaýraýyş babatda aýdan çemeleşmesini düşündirmeli. Ol aşakdaky ýaly aýdylan:

***Giňişligiň bir nokadyndan ikinji nokadyna ýaýraýan (geçýän) ýagtylyk şöhlesi elmydama iň az wagty talap edýän ýol boýunça geçýär.***

[Hakykatda bolsa Ferminiň çemeleşmesi *giňişligiň bir nokadyndan ikinji nokadyna ýaýraýan ýagtylyk şöhlesi elmydama ekstrimal, ýagny iň az ýa-da iň köp wagty talap edýän ýol boýunça geçýär* diýlip kesgitlenen. Ýöne, köplenç halatlarda, ilkinji getirilen ýönekeý kesgitleme ýerliklidir. Şonuň üçin hem, köplenç halatlarda, ol ulanylýar].

Ferminiň çemeleşmesini ulanyp, ýagtylygyň döwürme kanuny getirip çykaralyň. Munuň üçin  $A$  nokatdan çykýan ýagty-

lyk şöhesiniň I we II sredalaryň  $DG$  tekiz araçäginde döwölüp, II sredada ýaýramagyna seredeliň (2.9.5-nji surat). Goý, sredalaryň optiki dykzlygy deňişlilikde,  $\rho_1 < \rho_2$  bolsun. Onda birinji sredada ýagtylyk şöhesiniň tizligi ikinji sredadakysyndan uly bolar ( $v_1 > v_2$ ). Sebäbi ýagtylygyň tizligi onuň ýaýraýan sredasynyň dykzlygyna ters baglanyşykdadyr.



2.9.5-nji surat. Ýagtylyk şöhesiniň iki sredanyň araçäginde döwülmeği

Goý, ýagtylyk şöhesi  $A$  nokatdan  $B$  nokada I we II sredalarda  $C$  we  $F$  nokatlaryň üstünden geçip barýan bolsun. Ýagtylygyň tizliginiň onuň ýaýraýan sredasynyň dykzlygyna ters baglanyşykdadygyny üçin  $B$  nokada I sredada näçe uzak ýol geçse, ol II sredada şonça-da gysga aralygy geçmeli bolar. 2.10.5-nji suratdan görnüşi ýaly,  $AC > AF$  we  $CB < FB$ . Biz bu halda ýagtylyk şöhesi  $AB$  aralygy  $C$  nokadyň üstünden geçende az wagt harç edýär hasaplalyň. Indi biz ýagtylyk şöhesiniň  $A$  nokatdan  $B$  nokada geçende  $ACB$  we  $AFB$  ýollaryň haýsysynda köp wagt harç edýändigini anyklalyň. Biz  $C$  nokatdan  $F$  nokada çenli aralygyň juda kiçi bolany üçin ony  $x = FC$  bilen belläliň. Indi biz  $AC$  we  $AF$  ýollaryň uzynlygyny tapawutlandyrmak üçin  $F$  nokatdan  $AC$  gönä  $FM$  perpendikulýary we  $C$  nokatdan bolsa  $FB$  gönä  $CN$  perpendikulýary geçireliň. Diýmek, I sredada ýagtylyk şöhesi  $AC > AF$  ýollary geçýär.  $FC$  aralygyň örän ýakyn bolany üçin  $AC \approx AF$ . Ýagny I sredada ýagtylyk şöhesi  $C$  nokada çenli  $MC$  aralygy  $AF$ -den artyk geçýär. II sredada bolsa ýagtylyk şöhesiniň geçýän  $FB$  ýoly onuň geçýän  $CB$  ýolundan  $FN$  ululyk ýaly artykdyr. Bu iki şöhläniň arasyndaky  $x$  uzaklygyň juda kiçi bolany üçin ýagtylygyň birinji sredada  $MC$  aralygy geçýän wagty onuň ikinji sredada  $FN$  aralygy geçýän wagtyna deňdir, ýagny:

$$\frac{MC}{v_1} = \frac{FN}{v_2}. \quad (2.9.3)$$

Bu 2.9.5-nji surat boýunça  $\angle CFM = \angle \alpha$  ýagtylygyň düşme burçuna we  $\angle FCN = \angle \beta$  onuň döwülme burçuna deňdir. Bu çyzgyda  $x$ -yň

juda kiçi bolany üçin  $\angle NCB = \pi/2$ . Şonuň üçin hem:  $MC = x \cdot \sin \alpha$  we  $FN = x \cdot \sin \beta$ . Bu aňlatmalary 2.9.3-nji deňlikde ýerine goýup taparys:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{\nu_1}{\nu_2} = \text{hemişelik.} \quad (2.9.4)$$

Ýa-da  $\frac{\nu_1}{\nu_2} = n_{21}$  bellesek, onda:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n_{21}, \quad (2.9.5)$$

bu ýerde  $n_{21}$  – **ikinji sredanyň birinjä görä (otnositel) dökülme görkezijisi** diýilýär. Bu 2.9.4-nji deňlik ýagtylygyň dökülme kanunynyň aňlatmasydyr.

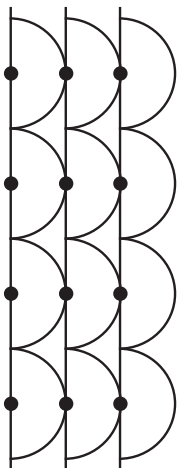
Ýokarda bellenilişi ýaly, geometriki optika özüniň praktiki ähmiýetiniň barlygyna we gadym zamanlardan bäri ulanylýandygyna garamazdan ol ýagtylygyň tebigaty dogrusynda hiç zat öwretmeýär.

Diňe XVII asyryň aýaklarynda elektromagnit tolkunlary baradaky ylym aýratyn ylym (optika) hökmünde kämilleşip, özünde ýagtylygyň örän köp hadysalaryny jemledi we onuň tebigaty barada biri-birine gapma-garşy bolan korpuskulýar-tolkun tebigatynyň bardygy taglymaty öňe sürdi. Bu gapma-garşylykly taglymatlar baradaky çekeleşme, takmyn, 100 ýyl dowam edipdir.

Ýagtylygyň korpuskulýar nazaryýetini esaslandyryjy I. Nýutondyr.

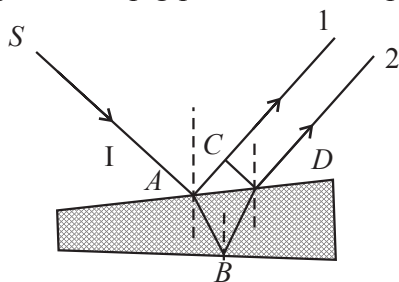
Ýagtylygyň tolkun nazaryýetiniň esasyny goýujy Gýuýgens ýagtylyk şöhesiniň iň öň hataryndaky (frontundaky) elementar bölejikler nobatdaky ýagtylyk çeşmeleri hökmünde kiçijik sferik ýagtylyk tolkunlarynyň çeşmelerine öwrülýärler. Bu ýagtylyk tolkunjyklarynyň goşulmagy netijesinde ikinji, üçünji we ş.m. nobatdaky ýagtylyk frontlaryny döredýär hasaplapdyr. Bu çemeleşme **Gýuýgensin çemeleşmesi (prinsipi)** atlandyrylýar. Munuň ýaly tekiz ýagtylyk frontunyň döremegi 2.9.6-njy suratda görkezilen.

Ýagtylygyň tolkun tebigatyny kepillendirýän hadysalaryň biri hem onuň **interferensiýasydyr**.



2.9.6-njy surat. Tekiz ýagtylyk fronty

**Ýagtylygyň interferensiýasy** kogerent ýagtylyk şöhleleriniň goşulmak hadysasydyr. Bu hadysanyň netijesinde ýagtylyk şöhleleriniň intensiwliginiň üýtgemegi bolup geçýändigini okuwçylara düşündirmeli. Munuň üçin başda ýygtylyklary özara deň, optiki ýolunyň tapawudynyň hemişelik bolan ýagtylyk şöhleleriniň **kogerent şöhlelerdigini** okuwçylara düşündirmeli. Lazer şöhleleri kogerent şöhlelerdir. Iş ýüzünde kogerent şöhleleriniň alnyşynyň köp sanly mysallarynyň bardygyny ýatlamaly. Olaryň birisi hökmünde ýagtylyk şöhlesiniň pahna şekilli ýa-da deň galyňlykly optiki dury plastinanyň üstünden serpigen we aşaky diwaryndan serpigip, soňra döwölüp, gaýtadan birinji sreda çykan şöhleleriň kogerent şöhlelerdigini düşündirmeli (2.9.7-nji surat).  $SA$  ýagtylyk şöhlesi I sreda (howa) bilen pahna şekilli aýnanyň araçägindeki  $A$  nokada düşüp serpigýär we I sreda düşýän şöhle, düşme nokada inderilen perpendikulýar bilen bir tekizlikde yzyna serpigýär (2.9.7-nji suratda 1-nji şöhle). Bu şöhle I sredada  $AC$  aralygy geç-



2.9.7-nji surat. Pahna şekilli optiki dury sredadan kogerent ýagtylyk şöhlesiniň alnyşy

ýänçä  $SA$  şöhläniň bir bölegi  $A$  nokatda döwölüp, II sredada  $AB+BD$  aralygy geçip,  $D$  nokada gelýär we soňra I sredada 2-nji şöhle hökmünde ýaýraýar. Bu şöhleleriň ikisi hem şol bir  $S$  ýagtylyk çeşmesinden bölünendigi zerarly olaryň ýygtylyklary deň hem-de  $CD$  kesimden soňra olaryň arasyndaky optiki aralyk üýtgemeýär. Diýmek, 1-nji we 2-nji şöhleler özara kogerent şöhlelerdirler. Eger bu şöhleleri güberçek linzanyň üstünden geçirilse, interferensiýa hadysasy (kogerent şöhleleriň goşulmasy) bolup geçer. Linzanyň yzynda ýerleşdirilen ekranda interferensiýanyň şekili ýagtylyk şöhlesiniň intensiwliginiň ýagty we garaňky gezekleşmesi dörär.

Ýagtylygyň tolkun tebigatyny kepillendirýän hadysalaryň ikinjisi hem **difraksiýa hadysasydyr**.

**Ýagtylygyň difraksiýasy** ýagtylyk şöhleleriniň gönüçyzykly ýaýramagynyň bozulmagydyr. Bu hadysa ýagtylyk şöhlesiniň önünde ýerleşdirilen optiki dury bolmadyk päsgelçiligiň gyrasyndan ýa-da

özünüň tolkun uzynlygy bilen ölçegdeş ýarçyklardan geçende döreýär. Bu halda hem edil interferensiýa hadysadaky ýaly ýagtylygyň intensiwliginiň uly we kiçi (ýagty we garaňky) halkalary döreýär.

Ýagtylyk şöhlesiniň basyşynyň açylmagy we ony düşündirmekde tolkun nazaryýeti oňaýly bolmandygy üçin onuň oň ýatdan çykarylan korpuskulýar nazaryýetine dolanyp gelmeklige mejbur etdi. Şunlukda, ýagtylygyň biri-birine gapma-garşylykly tolkun we bölejik (korpuskulýar) iki häsiýete eýedigini subut edildi.

**Ýagtylygyň dispersiýasy** ak ýagtylyk şöhlesiniň döwürleme görkezijisiniň onuň tolkun ululyklaryna baglylygydyr  $n=f(\lambda)$ .

Mekdep fizikasynda ýagtylygyň tolkun häsiýetini düşündirmek onuň polýarlanmasyny öwretmek bilen tamamlanylýar.

## **2.10. KWANT FIZIKASYNY ÖWRETMEGIŇ USULYÝETI**

### **2.10.1. Kwant fizikasy bölüminiň derňewi**

Kwant fizikasy ilkinji gezek umumybilim berýän orta mekdepleriniň II basgançagynda, «Ýagtylyk kwantlary» bölümünde okadylyp başlanylýar. Bu bölüm «Fotoelektrik effekti we onuň kanunlary» tema bilen başlanylýp, soňra «Ýagtylyk kwantlary. Fotoeffektiň deňlemesi. Fotoelementler. Fotoeffektiň tehnika ulanylyşy. Gün fotoelektrik generatorlary. Türkmenistanda Gün energiýasyny ulanmakda gün fotoelektrik generatorlarynyň peýdalanylyşy. Ýarymgeçirijili fotoözgerdijiler we olaryň halk hojalygynda ulanylyşy» temalar öwredilýär. Bu bölüm «Foton. Ýagtylygyň basyşy. Lebedewiň tejribesi. Ýagtylygyň himiki täsiri we onuň peýdalanylyşy» temalar bilen tamamlanylýar.

Başda bu bölüm fizika boýunça okuw kitabynda «Fotoelektrik effekti we onuň kanunlary temany öwretmek bilen başlanýar. Bu ýerde agzalan hadysa düşündirilip, onuň wolt-amper häsiýetnamasy getirilýär. Soňra bolsa Eýnşteýniň deňlemesi getirilen we fotoelektrik effektiň gyzyl çägi hakynda aýdylyp, onuň dürli metallar üçin



elektronlaryň çykyş işi we düşýän şöhläniň tolkun uzynlyklaryna baglylygyny görkezýän tablisa berilýär.

Mundan soňra Gün fotoelektrik generatorlary, fotodiodlar barada maglumat berlip, foton, korpuskulýar –tolkun dualizmi barada maglumat getirilip, fotonyň energiýasy bilen massasynyň arasyndaky  $W = mc^2$  baglanyşygy we  $m = hv/c^2$  aňlatmalardan peýdalanylyp, fotonyň impulsynyň  $p = mc = hv/c$  formulasy getirilýär. Bu ýerden bolsa ýagtylygyň iki tolkun we korpuskulýar häsiýetleriniň bardygy kepillendirilýär.

Ýagtylygyň impulsynyň aňlatmasyny ulanylyp, onuň korpuskulýar häsiýetini kepillendirýän ýene-de bir ululyk bolan ýagtylygyň basyşy we onuň  $P = hvN/c = I/c$  deňlemesi girizilen. Bu ýerde  $I = hvN$  ýagtylygyň intensiwligidir.

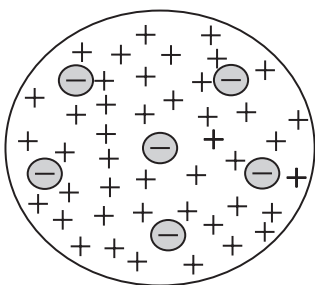
Fizikadan okuw kitabynda ýagtylygyň iki tolkun we korpuskulýar häsiýetleri «Ýagtylygyň himiki täsiri we onuň peýdalanylyşy» temany düşündirmek bilen tamamlanylýar.

### **2.10.2. Atom, atom ýadrosy bölümleriniň derňewi we öwredilişi**

«Atom we atom ýadrosy» «Rezerfordyň tejribesi. Atomyň ýadro şekili. Boruň kwant postulatlary. Atomyň ýagtylygy şöhlemenme we siňdirmе spektrleri. Spektral derňew we onuň peýdalanylyşy. Lazerler. Kwant generatorlary. Lazerleriň peýdalanylyşy. Atom ýadrosynyň baglanyşyk energiýasy. Ýadro täsirleşmeleri. Ýadro täsirleşmeleriniň çykyş energiýasy» barada öwrenmek bilen başlanylýar.

Mundan soňra bolsa «Radioişjeňlik. Alfa, beta, gamma-şöhlemenmeleri. Radioişjeň dargama kanuny. Radioişjeň şöhlemenmeleri bellemegiň usullary. Radio işjeň izotoplaryň alnyşy we ulanylyşy. Şöhlemenmäniň siňdirilen mukdary we onuň biologiki ulanylyşy. Şöhlemenmelerden goranma». Bu temalar öwredilenden soňra «Uran ýadrosynyň bölünmegi. Zynjyrlý täsirleşme. Ýadro reaktory. Termoýadro täsirleşmeleri. Ýadro energetikasynyň ösüşi. Ýadro energiýasyny peýdalanmakda ekologiýa meseleleri» öwredilýär.

Bu bölüm «Elementar bölejikler we olaryň häsiýetleri. Bölejikler we antibölejikler. Elementar bölejikleriň özara öwrülmeleri» temalar



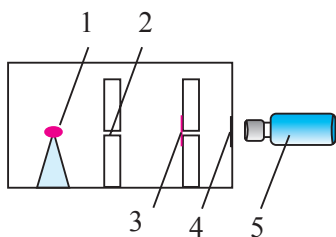
2.10.1-nji surat. Atomyň Tomsonyň hödürlän nusgawy şekili

deňölçepli paýlanan, otrisatel zaryadly elektronlar bolsa onuň içinde ýerleşýärler we ol ýerde hereket edip bilýärler. Atomda elektronlaryň otrisatel zaryady atomyň položitel zaryadyna deňdir. Bu bolsa atomyň elektrik taýdan bitarap bolmagyna getirýär.

Iň ýönekeý bolan wodorodyň atomy Tomsonyň hödürlän nusgawy şekili boýunça radiusy  $10^{-10}m$  bolan şar görnüşe eýedir.

Tomsonyň hödürlän nusgawy şekili boýunça has çylşyrymlyrak atomyň birnäçe elektrony bardyr. Umuman atomyň bu şekili boýunça onuň gurluşyny öwrenmekde ol oňaýsyz we tejribede alnan netijelere çapraz gelyän taryhy basgançaklaryň biri boldy.

Görnükli inlis fizigi Ernest Rezerfordyň (1871–1937) alfa bölejikler bilen geçiren tejribesi atomyň modeli baradaky öň belli bolan pikirleri düýpgöter üýtgetdi.



2.10.2-nji surat. Rezerfordyň tejribesiniň shemasy

bilen tamamlanylýar. Bu temalar umumy bilim berýän orta mekdepleriň fizikadan okuw kitabynda doly düşündirilýär.

**Alfa bölejikler bilen Rezerfordyň geçiren tejribeleri.** Atomyň gurluşy barada başda köp çaklamalar hödürlenildi. Olardan ilkinjileriň hatarynda Tomsonyň hödürlän nusgawy şekili (modeli) boldy (2.10.1-nji surat). Ol boýunça atom şar görnüşde hasaplanyp, onuň položitel zaryady nusganyň göwrümi boýunça

Rezerford radioişjeň şöhlelenmede döreýän massasy elektronyňkydan, takmyn 7300, zaryady bolsa iki esse uly we položitel zaryadlanan alfa bölejik bilen 1906-njy ýylda altyn, mis we beýleki maddalaryň atomlaryny şöhlelendirip, tejribe geçirdi (2.10.2-nji surat). Alfa bölejik ýagtylygyň wakuumdaky tizliginiň  $1/15$  essesi ýaly tizlikli **gelineň ýadrosyna** meňzeşdir. Ýagny alfa

bölejigiň zarýady položitel we  $q_\alpha = 2|e|$  elektronyň zarýadynyň absolyut ululygynyň iki essesine deňdir.

Rezerford radioişjeň maddanyň (1) goýberýän şöhesinden diafragmadan (2) geçirip, altyn (3) folgasyndan geçeri ýaly şert döredýär. Soňra bu folgadan geçen radioişjeň şöhle ýüzüne zarýadlanan bolejik degende ýylpyldaýan sinkiň sulfady bilen örtülen (4) ekrana düşýär. Alfa bolejikleriň ekrana urulmagyndan döreyän ýylpyldylara (5) mikroskop bilen gözegçilik edilýär.

Folgany aýryp, tejribe geçirilende ekranda diafragmanyň ölçeğinde ýagtylyk tegmili döräpdir. Folga goýlan ýagdaýynda bolsa ekrana urulýan alfa bolejikler dürli burça dargapdyrlar.

Rezerford tejribäni kämilleşdirip, folgadan geçýän alfa bolejikleriň dürli burça hatda  $90^\circ$  we ondan hem uly burçlara serpigýändiglerini görüpdir (2.10.3-nji surat).

Eger atom Tomsonyň hödürlän modeline laýyk gelýän bolsa, onda atomyň bütin göwrümi boýunça paýlanan zarýadlar alfa bolejigi  $90^\circ$  burça we doly yzyna gaýtaryp bilmezdi. Sebäbi, alfa bolejigini gysgardyjy güýç Kulonyň kanuny bilen kesgitlenilýär:

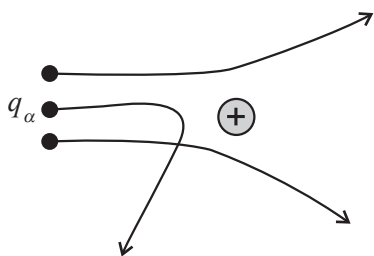
$$F_{\max} = k \frac{q_\alpha q}{R^2}, \quad (2.10.1)$$

bu ýerde  $q_\alpha$  – alfa bolejigiň zarýady,  $q$  – atomyň položitel zarýady,  $R$  – atomyň radiusy.

Bu deňlikden görnüşi ýaly,  $R$  juda kiçi bolsa, ýagny alfa bolejik atomyň merkezinden näçe golaý geçse, oňa täsir edýän Kulon güýji hem aralygyň kwadratyça ulalýar. Alfa bolejigini yzyna serpikdirmek üçin, onuň kinetik energiýasy alfa bolejigi bilen ýadronyň özara täsiriniň potensial energiýasyna deň bolmagy zerurdyr:

$$\frac{m_\alpha v_\alpha^2}{2} = k \frac{q_\alpha q}{R}. \quad (2.10.2)$$

Atomyň radiusyny  $10^{-8}$  sm-e deň hasaplap we  $q_\alpha$ ,  $R$ ,  $m_\alpha$ ,  $v_\alpha$  ululyklaryň tablisadan bahalaryny alyp, atomyň merkezindäki zarýadyň elektronyň zarýadyndan, takmyn,  $10^5$  esse uly boljakdygyny hasaplap bolar. Eger bu şeýle boljak bolsa, adaty şertde atomyň



2.10.3-nji surat. Alfa bölejikleriň gyşarmasy

bitarap bolmagy üçin atomyň içinde jemlenen elektronlaryň ululygy hem şonuň ýaly uly bolardy. Munuň ýaly mukdardaky elektronlaryň massasy atomyň hemme massasynda münlerçe esse uly bolmaly bolardy. Hakykatda bolsa bu beýle däl. Diýmek, Tomsonyň hödürlän atomynyň modeli nädogry.

Rezerfordyň  $\alpha$ -bölejiginiň desesini altyn folgasyndan geçireninde olaryň hereket edýän ugrundan gyşarmalaryny atomyň örän kiçi göwrümde jemlenen položitel zarýadlaryny döredip biler (2.10.3-nji sur. ser.). Atomyň içinde položitel zarýadlaryň jemlenen göwrümi ýadro diýlip atlandyrylýar. Suratdan görnüşine görä, ýadrodan uzagrakdan geçýän  $\alpha$ -bölejikler kiçi burça gyşarýarlar. Ýakyndan geçýänleri bolsa uly burça. Bu tejribeleriň esasynda Rezerford: **atomyň hemme massasy we položitel zarýady onuň ýadrosynda jemlenendir diýip kesgitleýdi.** Rezerford dürli burçlara ýaýran  $\alpha$ -bölejikleriň sanyndan ýadronyň diametriniň  $10^{-12} - 10^{-13} \text{ sm}$ -e barabardygyny hasaplapdyr. Bu ýerde dürli ýadrolaryň diametriniň deň dälidigini bellemelidir. Ýadronyň zarýadynyň atomyň D.I. Mendeleyewiň tablisasyndaky tertip sanyna baglydygyny ( $q_{\text{ýad}} = Ze|$ ) okuwçylara ýatlatmaly. Bu ýerde  $Z$ - atomyň Mendeleyewiň tablisasyndaky tertip sany.

### 2.10.3. Atomyň planetar modeli we Boruň postulatlary

Rezerfordyň geçiren tejribeleri atomyň planetar modelini döretmäge mümkinçilik beripdir. Oňa laýyklykda wodorodyň atomy merkezinde bir položitel zarýady bolan protonly ýadrosy we onuň daşynda kesgitli tegelek orbitada hereket edýän bir elektrondan ybaratdyr (2.10.4-nji surat).

Elektron ýadronyň daşynda tizlenmeli hereket edýär we Maksweliň elektrodinamikasynyň kanunyna görä, ol özüniň aýlan-

ma ýygylgy ýaly ýygylkda energiýa şöhlendirmeli. Diýmek, elektronyň hereketi energiýanyň ýitgisi bilen amala aşmaly we onuň orbitasy kiçelip, ahyrda elektron ýadronyň üstüne gaçmaly. Hasaplamalaryň görkezişi ýaly elektron herekete başlanyndan  $t = 10^{-8}s$  wagtda ýadronyň üstüne gaçmaly we atom özüniň ýaşayşyny tamamlamaly.

Hakykatda bolsa, beýle zat bolanok. Atom adaty halda islendik uzak wagtlap durnukly bolýar we elektron özüniň şol bir orbitasyndaky hereketinde energiýa şöhlendirmeyär.

1913-nji ýylda görnükli daniýa fizigi Nilson Bor tarapyndan hödürilen postulatlar (çaklamalar) bilen atomyň kwant nazaryýetiniň esasy goýuldy.

**Boruň birinji postulaty:** *Atom sistemasy kesgitli energiýa degişli bolan aýratyn stasionar ýa-da kwant hallarda bolup bilýär. Stasionar halda atom energiýany şöhlendirmeyär.*

Bu postulat nusgawy nazaryýete laýyk gelmeyär. Sebäbi nusgawy nazaryýet boýunça hereketdäki elektron islendik energiýa eýe bolup bilmeli.

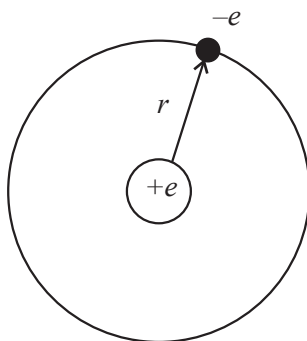
**Boruň ikinji postulaty:** *elektron kesgitli  $W_k$  uly energiýaly stasionar haldan kiçi  $W_p$  energiýaly stasionar ýagdaýda geçende atom energiýany şöhlendirýär. Şöhlendirilýän fotonyň energiýasy stasionar hallaryň energiýalarynyň tapawudyna deňdir:*

$$h\nu_{kp} = W_k - W_p. \quad (2.10.3)$$

Bu ýerden şöhlelenmäniň ýygylgyny kesgitläp bolar:

$$\nu_{kp} = \frac{W_k - W_p}{h} = \frac{W_k}{h} - \frac{W_p}{h}. \quad (2.10.4)$$

Atom energiýany ýuwdup, kiçi energiýaly stasionar haldan uly energiýaly stasionar hala geçýär.



2.10.4-nji surat. Wodorod atomynyň planetar modeli

Fizika boýunça ýöriteleşdirilen synplarda bu pikiri dowam etdip, atomyň düzümine girýän elektronlaryň ýadro bilen ozaratäsiriniň potensial energiýasy birlikleriň Gaus ulgamynda:

$$W_p = -\frac{e^2}{r}, \quad (2.10.5)$$

ýazyp boljakdygyny görkezmeli. Bu ýerde  $e$ - elektronyň zarýady,  $r$ -elektronyň ýerleşen ýerinden ýadro çenli uzaklyk. Bu ýerde okuwçylara ozaratäsirleşýän zarýadlaryň dürli alamatlydygy sebäpli potensial energiýasynyň otrisateldigini ýatlatmaly.

Atomyň doly energiýasy ( $W_d$ ) onuň potensial we kinetik energiýalarynyň jemine deňdir:

$$W_d = \frac{mv^2}{2} - \frac{e^2}{r}, \quad (2.10.6)$$

elektronyň çyzyk tizligi bilen onuň orbitasynyň radiusy arasynda Nýutonyň II kanunyndan gelip çykýan baglanyşyk esasyda  $\frac{mv^2}{r} = \frac{e^2}{r^2}$ , ýazyp bolar. Bu aňlatmadan çyzyk tizligiň bahasyny tapyp, 2.10.6-njy deňlikde goýup, nusgawy nazaryýete laýyklykda elektronyň islendik bahadaky energiýa eýe bolup biljekdigini görkezip bolar:

$$W_e = -\frac{e^2}{2r}. \quad (2.11.7)$$

Boruň elektronyň impulsynyň moduly Plankyň hemişeliginiň бүтін sanyna deňdigi barada postulatyny:

$$mvr = n\frac{h}{2\pi}, \quad (2.11.8)$$

ýazyp bolar.

Bu çemeleşmeleriň netijesinde kwant nazaryýetine laýyklykda elektron nusgawy nazaryýetdäkiden tapawutlylykda energiýanyň diskret bahasyna eýe bolup bilýändigini okuwçylara düşündirilse gowy boljak. Bu nazaryýet boýunça atomyň düzümine girýän elektronlaryň energiýasy:

$$W_e = -\frac{k_e^2 m_k e^4}{2\left(\frac{h}{2\pi}\right)^2 n^2} = -\frac{A}{n^2}, \quad (2.10.9)$$

bu ýerde  $A = \frac{2\pi^2 k_e m_e e^4}{h^2} = \frac{m_e e^4}{8\varepsilon_0^2 h^2}$  hemişelik položitel ululykdyr.

Agzalan çemeleşmeleriň we Boruň kwant postulatlarynyň esasynda atomlaryň düzümindäki elektronlaryň energiýalarynyň diskret (üzňe-üzňe) bahalara eýedigini okuwçylara düşündirmeli.

Bu düşüňjelerden soňra fizika okuw kitabynda «Atomyň ýadro düzümi. Ýadro güýçleri» barada düşündirmeli.

«Atom ýadrosynyň baglanyşyk energiýasy» temada ýadro mas-sasynyň deffektiniň  $\Delta M = (Zm_p + Nm_n) - M_{\dot{y}a}$  aňlatmasy getirilýär. Soňra  $W = mc^2$  hasaba alyp,  $\Delta W = \Delta M c^2$ , bu ýerden bolsa massanyň deffektiniň,

$$\Delta M = (Zm_p + Nm_p - M_{\dot{y}a}) c^2, \quad (2.10.10)$$

görnüşindäki aňlatmasy getirilýär. Şonuň ýaly hem, atomyň ýadrosy-nyň doly baglanyşyk energiýasyny ( $A = Z + N$ ) sanyna bölüp, atomyň udel baglanyşyk  $W_{ud} = \Delta W/A$  energiýasynyň aňlatmasy we onuň  $W_{ud} = f(A)$  baglylyk grafigi getirilýär.

Atomy öwrenmeklik «Radioişjeň dargama kanuny. Radioişjeň şöhlelenmä we bölejiklere gözegçilik etmegiň hem-de hasaba almagyň usullary öwredilýär. Soňra radioişjeň izotoplaryň alnyşy we ulanylyşy» temalar bilen dowam edilip, ahyrda «Zynjyrly reaksiýa we ýadro reaktory. Termoýadro reaksiýalary. Ýadro energetikanyň ösüşi. Ýadro energiýasyny peýdalanmakda ekologiýa meseleleri» te-malar bilen dowam etdirilýär.

Atomy öwrenmeklik «Elementar bölejikler we olaryň häsiýet-leri. Bölejikler we antibölejikler. Bölejikleriň we elektromagnit şöhleleriniň kwantlarynyň özara öwrülişikleri» temalar bilen ta-mamlanylýar.

## PEÝDALANYLAN EDEBIÝATLAR

1. Türkmenistanyň Prezidenti Gurbanguly Berdimuhamedowyň Ministrler Kabinetiniň göçme mejlisinde sözlän sözi. (2009-njy ýylyň 12-nji iýuny). Aşgabat. 2009.
2. *Gurbanguly Berdimuhamedow*. «Türkmenistanyň ykdysady strategiýasy: halka daýanyp, halkyň hatyrasyna». Türkmen döwlet neşirýat gullugy, 2010.
3. Türkmenistanyň kanuny. Bilim hakynda. Aşgabat. Türkmen döwlet neşirýat gullugy, 2009.
4. Türkmenistanyň kanuny. Ylmy işgärleriň hukuk ýagdaýy hakynda. Aşgabat. Türkmen döwlet neşirýat gullugy, 2009.
5. Orta mekdepleriň VI-X synplary üçin fizika, X synpy üçin astronomiýa dersleri boýunça okuw maksatnamalary. Aşgabat. TDNG, 2007.
6. *Çaryýew A.* Fizikanyň esasy kanunlary. Aşgabat. TDNG, 2004.
7. Физика: Механика. 10 кл. Учебник для углубленного изучения физики. Под ред. Г.Я. Мякишева. М. Дрофа, 2002.
8. *Мякишев Г.Я., Сияков А.З.* Физика. Молекулярная физика. Термодинамика. 10 кл. Учебник для углубленного изучения физики. М. Дрофа, 2002.
9. *Мякишев Г.Я., Сияков А.З.* Физика. Колебания и волны. 11 кл. Учебник для углубленного изучения физики. М. Дрофа, 2002.
10. *Кабардин О.* и др. Физика. 10 кл. М. «Просвещение», 2001.
11. *Касаткина И.Л.* «Репетитор по физике». Ростов на Дону «Феникс», 2009.
12. Теория и методика обучения физике в школе. Общие вопросы. Под редакцией С.Е. Каменицкого и Н.С. Пурышевой. Москва. АСАДЕМА, 2000.
13. Теория и методика обучения физике в школе. Частные вопросы. Под редакцией С.Е. Каменицкого и Н.С. Пурышевой. Москва. АСАДЕМА, 2000.



14. *Toýlyýew G., Hudaýberdiýew A., Gurbangeldiýew Ç., Hydyrow H.* Fizika. 6 кл. Aşgabat. TDNG, 2003.

15. *Toýlyýew G., Jumagulyýew R., Hudaýberdiýew A., Hydyrow H.* Fizika 7 kl. Aşgabat. TDNG, 2003.

16. *Toýlyýew G., Hydyrow H., Allakow Ö., Gurbangeldiýew Ç., Caryýew A.* Fizika 8 kl. Aşgabat. TDNG, 2010.

17. *Toýlyýew G., Hydyrow H., Gurbangeldiýew Ç., Jumagulyýew R.* Fizika. Aşgabat. TDNG, 2004 (IX synp okuwçylary üçin).

18. *Toýlyýew G., Hydyrow H., Gurbangeldiýew Ç., Jumagulyýew R.* Fizika X. Aşgabat. TDNG, 2009.

19. *Bekmyradow Ö.* Fizikadan meseleler. Aşgabat. TDNG, 2006.

20. *Gurbanmuhammedow A.* «Elektrik we magnit hadysalary». Aşgabat. TDNG, 2006.

## MAZMUNY

Giriş .....	7
-------------	---

### I BÖLÜM. ÖWRETMEGIN UMUMY MESELELERI

#### 1.1. Fizikany öwretmegiň usulyýetiniň ösüşi

1.1.1. Fizikany öwretmegiň usulyýetiniň okuw dersi .....	9
1.1.2. Fizikany öwretmegiň usulyýetiniň maksady. ....	11
1.1.3. Fizikany öwretmegiň nazaryýetiniň we usulyýetiniň ösüş taryhy .....	13
1.1.4. Türkmenistandaky milli mekdepler .....	16
1.1.5. Türkmenistanda orta bilim syýasaty .....	17
1.1.6. Umumybilim berýän mekdeplerde okuw prosesini kadalaşdyryjy resminamalar .....	19

#### 1.2. Umumybilim berýän mekdeplerde fizikany öwretmegiň maksatlary

1.2.1. Öwretmegiň maksatlarynyň kesgitlenilişi. ....	19
1.2.2. Fizikany öwretmegiň esasy maksatlary. ....	21
1.2.3. Umumybilim berýän orta mekdeplerde fizika okuw dersi .....	27
1.2.4. Umumybilim berýän mekdeplerde fizikanyň okuw materiallarynyň paýlanylyşy .....	30
1.2.5. Umumybilim berýän mekdeplerde fizika dersiniň mazmuny .....	34
1.2.6. Okuw dersleriniň arasyndaky baglanyşyk. ....	34

#### 1.3. Fizikany öwretmegiň usulyýetiniň görnüşleri

1.3.1. Fizikany öwretmek usulyýetiniň esasy toparlary. ....	40
1.3.2. Dilden beýan etmek usulyýeti. ....	41
1.3.3. Görkezip beýan etmek usulyýeti. ....	43
1.3.4. Amaly (praktiki) iş geçirmek usulyýeti. ....	44

1.3.5.	Fizikany öwretmekde kompýuterden peýdalanmak . . . . .	45
1.3.6.	Orta mekdepleriň fizika dersiniň okuw maksatnamalary we kitaplary . . . . .	46

#### **1.4. Fizikany öwretmegiň serişdeleri**

1.4.1.	Mekdep fizika otagy we onuň serişdeleri . . . . .	50
1.4.2.	Mekdep fiziki abzallarynyň esasy görnüşleri we olaryň aýratynlyklary . . . . .	54
1.4.3.	Fizikany öwretmekde ulanylýan elektron serişdeleri . . . . .	56
1.4.4.	Multimedia . . . . .	58
1.4.5.	Interaktiw tagtalary we olar bilen işlemek . . . . .	59
1.4.6.	Interaktiw ders otagynda bolmaly serişdeler. . . . .	61

#### **1.5. Fizikany öwretmekde okuw prosesiniň guralyşynyň görnüşleri**

1.5.1.	Hökmany okuw sapaklarynyň guramaçylygynyň görnüşleri. . . . .	68
1.5.2.	Fizika sapaklarynyň geçirilişine we guralyşyna edilýän häzirki zaman talaplary . . . . .	70
1.5.3.	Fizika sapagyň strukturasy bütewi sistema hökmünde . . . . .	76
1.5.4.	Fizikadan beýany, amaly we umumylaşdyryjy sapaklar. . . . .	80
1.5.5.	Fizikadan adaty, barlag, tejribe işlerine mugallymyň taýýarlygy . . . . .	86
1.5.6.	Fizikadan ekskursiýalar. . . . .	87
1.5.7.	Fizikadan fakultatiw sapaklary . . . . .	88
1.5.8.	Fizikadan synpdan daşary işler . . . . .	90

#### **1.6. Fizikany öwretmekde okuwçylaryň bilimini we başarnyklaryny barlamak**

1.6.1.	Okuwçylaryň bilimlerini barlamagyň usullary . . . . .	94
1.6.2.	Okuwçylaryň eýe bolan başarnyklaryny barlamakda mugallymyň taýýarlygy. . . . .	97
1.6.3.	Fizikadan hasap işleriniň geçirilişi. . . . .	98
1.6.4.	Okuwçylaryň bilimlerini kompýuterde barlamak . . . . .	99

#### **1.7. Fizikany öwretmegiň tehnologiýasy**

1.7.1.	Öwretmekde indiidualaýyn we differensiasýalaýyn çemeleşme . . . . .	107
1.7.2.	Öwretmekde ösdürijilik. . . . .	109

17.3.	Öwretmekde problemalaýyn çemeleşme . . . . .	111
1.7.4.	Fizikany öwretmekde döredijilikli çemeleşme . . . . .	115
1.7.5.	Fizika mugallymyň okuw işleriniň meýilleşdirilişi . . . . .	120
1.7.6.	Fizika mugallymyň sapaga taýýarlygy. Sapagyň ýazgysy we meýilnamasy . . . . .	122

## II BÖLÜM. FIZIKANY ÖWRETMEGIN HUSUSY MESELELERI

### 2.1. Mekdep fizikasynda mehanikany öwretmek

2.1.1.	Umumybilim berýän orta mekdeplerde fizika dersiniň mazmuny . . . . .	127
2.1.2.	Kinematikanyň esasy düşüňjeleriniň öwrenilişi we derňelişi. . . . .	128
2.1.3.	Wektor ululyklar. . . . .	130
2.1.4.	Wektor ululyklar bilen käbir amallar. . . . .	132
2.1.5.	Hereketiň görnüşleri we deňlemeleri . . . . .	134
2.1.6.	Kinematikada otnositellik düşüňjesi . . . . .	137
2.1.7.	Töwerek boýunça deňölçegli hereketdäki kinematiki kanunyň öwredilişi. . . . .	140
2.1.8.	Massa we güýç düşüňjeleriniň derňelişi... . . . .	143
2.1.9.	Dinamikanyň esasy düşüňjelerini we kanunlaryny öwretmegiň yzygiderligi... . . . .	147
2.1.10.	Nýutonyň kanunlarynyň öwredilişi. . . . .	148
2.1.11.	Jisimiň massasy. . . . .	151
2.1.12.	Nýutonyň ikinji we üçünji kanunlary. Bütindünýä dartyлма kanuny. . . . .	152
2.1.13.	Saklanma kanunynyň derňewi we öwredilişi . . . . .	156
2.1.14.	Iş we energiýa düşüňjeleriniň derňewi . . . . .	159
2.1.15.	Mehanikada energiýanyň saklanma kanuny . . . . .	163
2.1.16.	Mehaniki yrgyldylar we tolkunlar düşüňjeleriniň kämilleşmeginiň derňewi. . . . .	165
2.1.17.	Mehaniki yrgyldylar. . . . .	167
2.1.18.	Garmoniki yrgyldylar. . . . .	169
2.1.19.	Mehaniki tolkun . . . . .	174
2.1.20.	Yrgyldynyň ýaýraýyş tizligi. Tolkun uzynlyk. . . . .	177
2.1.21.	Tolkunyň deňlemesi . . . . .	177
2.1.22.	Tolkunlaryň interferensiýasy. Durujy tolkunlar . . . . .	178
2.1.23.	Ses tolkunlary. . . . .	180
2.1.24.	Sesiň serpikmegi. . . . .	181

## **2.2. Mekdepde molekulýar fizikany öwretmegiň usulyýeti**

2.2.1. Umumy orta we ýöriteleşdirilen mekdeplerde molekulýar fizikanyň mazmuny . . . . .	184
2.2.2. Molekulýar-kinetik nazaryýetiň esaslarynyň derňewi we öwrediliş usulyýeti. . . . .	185
2.2.3. Ideal (hyýaly) gazynyň modeli. Ideal gazynyň molekulýar-kinetik nazaryýetiniň esasy deňlemesi. . . . .	189
2.2.4. Temperatura düşünjesiniň derňewi we öwrediliş usulyýeti . . . . .	191
2.2.5. Temperatura molekulalaryň orta kinetik energiýasynyň ölçegidir. . . . .	194
2.2.6. Bolsmanyň hemişeliginiň fiziki manysy. Loşmidtň sany . . . . .	196
2.2.7. Termodinamikanyň esaslary bölümüniň derňewi we öwrediliş usulyýeti . . . . .	199
2.2.8. Bugarmak, gaýnamak we kondensasiýa düşüňjeleriň derňewi . . . . .	202

## **2.3. Elektrostatikany öwretmegiň usulyýeti**

2.3.1. Elektrostatik meýdanyň derňewi we öwrediliş usulyýeti . . . . .	205
2.3.2. Ostrogradskiniň we Gaussyň teoremasyny ýöriteleşdirilen synplarda ulanmak. . . . .	209
2.3.3. Ioffäniň- Millekeniň tejribesinde elektronyň zarýadyny hasaplamak . . . . .	213
2.3.4. Elektrostatik meýdanyň potensialy düşünjesiniň derňewi we öwredilişi . . . . .	215
2.3.5. Hyýaly (aýna) şekil usuly . . . . .	218
2.3.6. Maddalaryň elektrik häsiýetleri. . . . .	219

## **2.4. Hemişelik elektrik toguny öwretmegiň usulyýeti**

2.4.1. Hemişelik elektrik togunyň kanunlarynyň derňewi we öwrediliş usulyýeti . . . . .	221
2.4.2. Metal geçirijiniň garşylygynyň temperatura baglylygy. . . . .	224
2.4.3. Elektrik zynjyryň birhilli däl bölegindäki kanunlaryň öwrediliş usulyýeti . . . . .	228
2.4.4. Zynjyryň birhilli däl bölegi üçin Omuň kanuny . . . . .	231
2.4.5. Kirhgofyň düzgünleri . . . . .	233

## **2.5. Dürli sredalardaky elektrik toguň derňewi we öwrediliş usulyýeti**

2.5.1. Metallardaky elektrik toguň kanunlarynyň öwredilişi . . . . .	235
2.5.2. Ýarymgeçirijilerdäki elektrik togy . . . . .	236
2.5.3. Elektrolitlerdäki elektrik toguň kanunlarynyň öwredilişi . . . . .	241
2.5.4. Wakuumdaky elektrik togunyň kanunlarynyň öwredilişi . . . . .	245
2.5.5. Gazlardaky elektrik togunyň kanunlarynyň öwredilişi . . . . .	249

## **2.6. Hemişelik magnit meýdanyny öwretmegiň usulyýeti**

2.6.1. Hemişelik magnit meýdanyny häsiýetlendirýän esasy düşünjeleriň derňewi we kämilleşdirilişi . . . . .	258
2.6.2. Tokly geçirijiniň magnit meýdany . . . . .	260
2.6.3. Magnit meýdanynyň induksiýasy . . . . .	261
2.6.4. Magnit meýdanynyň induksiýasynyň superpozisiýa (wektorlaýyn goşulma) düzgüni . . . . .	263
2.6.5. Bionyň, Sawaryň we Laplasyň kanuny . . . . .	264
2.6.6. Bionyň, Sawaryň we Laplasyň kanunynyň ulanylyşy . . . . .	264
2.6.7. Ýeriň magnit meýdany . . . . .	266
2.6.8. Amperiň güýji . . . . .	268
2.6.9. Lorensiň güýji . . . . .	269
2.6.10. Magnit we elektrik güýçleriniň gatnaşygy . . . . .	271
2.6.11. Magnit meýdanyndaky tokly ramka . . . . .	274
2.6.12. Magnit meýdanynyň işi . . . . .	275

## **2.7. Elektromagnit induksiýasyny öwretmegiň usulyýeti**

2.7.1. Elektromagnit induksiýa hadysasy. Lensiň düzgüni . . . . .	276
2.7.2. Induksiýanyň elektrik hereketlendiriji güýji . . . . .	280
2.7.3. Öz-özünde induksiýa hadysasy . . . . .	281
2.7.4. Öz-özünde induksiýa koeffisiýenti . . . . .	283
2.7.5. Özara induktiw tegekler . . . . .	284

## **2.8. Üýtgeýän elektrik toguny öwretmegiň usulyýeti**

2.8.1. Üýtgeýän elektrik toguň alnyşy . . . . .	285
2.8.2. Üýtgeýän toguň zynjyrynda işjeň, induktiw we sygym garşylyklary . . . . .	286

2.8.3. Üç fazaly toguň generatory . . . . .	288
2.8.4. Üç fazaly elektrik generatorlarynyň sarymlarynyň birikdirilişi. . . . .	289
2.8.5. Transformatorlar . . . . .	290
2.8.6. Türkmenistanda elektrik energiýanyň öndürilişi we uzak aralyga geçirilişi . . . . .	293

## **2.9. Elektromagnit tolkunlaryny öwretmegiň usulyýeti**

2.9.1. Elektromagnit tolkunlarynyň derňewi. . . . .	296
2.9.2. Ýagtylyk tolkunlary temalaryň öwrediliş usuly . . . . .	297

## **2.10. Kwant fizikasyny öwretmegiň usulyýeti**

2.10.1. Kwant fizikasy bölüminiň derňewi . . . . .	304
2.10.2. Atom, atom ýadrosy bölümleriniň derňewi we öwredilişi . . . . .	305
2.10.3. Atomyň planetar modeli we Boruň postulatlary . . . . .	308
Peýdalanylan edebiýatlar. . . . .	312

*Amanmuhammet Gurbanmuhammedow*

FIZIKANY ÖWRETMEGIN  
NAZARYÝETI WE USULYÝETI

Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw kitaby

Redaktor	<i>A. Aşyrowa</i>
Teh.redaktory	<i>O. Nurýagdyýewa</i>
Surat redaktory	<i>G. Orazmyradow</i>

Çap etmäge rugsat edildi 20.11. 2012. Möçberi  $60 \times 90 \frac{1}{16}$ . Ofset kagyzy.  
Edebi garniturasy. Ofset çap ediliş usuly. Şertli çap listi 20,0.  
Şertli reňkli ottiski 80,25. Hasap-neşir listi 20,05. Çap listi 20,0.  
Sany 500. Sargyt № 1397.

Türkmen döwlet neşirýat gullugy.  
744000. Aşgabat, Garaşsyzlyk şaýoly, 100.

Türkmen döwlet neşirýat gullugynyň Metbugat merkezi.  
744004. Aşgabat, 1995-nji köçe, 20.